

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2011

VERONIKA SKALOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

**POROVNÁNÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ VLÁKEN
Z REGENEROVANÉ CELULÓZY PŘI RŮZNÝCH
HODNOTÁCH VLHKOSTI**

**COMPARISON OF MECHANICAL ATTRIBUTES OF
THREADS FROM REGENERATED CELLULOSE IN
VARIOUS VALUES OF HUMIDITY**

Veronika Skalová

KHT-780

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jitka Sitteová

Rozsah práce:

Počet stran textu: 69

Počet obrázků: 38

Počet tabulek: 27

Počet příloh: 4 + CD

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika SKALOVÁ**
Osobní číslo: **T08000419**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Textilní marketing**
Název tématu: **Porovnání mechanických vlastností vláken z regenerované celulózy při různých hodnotách vlhkosti**
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vypracujte literární rešerši na téma výroba a vlastnosti vláken z regenerované celulózy.
2. Navrhněte a realizujte experiment pro zjištění mechanických vlastností při různých hodnotách vlhkosti.
3. Popište chování geometrických vlastností vláken při různých hodnotách vlhkosti.
4. Naměřená data porovnejte a výsledky interpretujte.

PROHLÁŠENÍ

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne 13.5.2011

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Dovoluji si touto cestou poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Jitce Sitteové za cenné rady, odbornou pomoc a zájem, který věnovala mé bakalářské práci. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Miroslavě Maršálkové, Ph.D. za technickou pomoc a cenné připomínky při psaní této práce. A v neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu během studia.

ANOTACE

Téma bakalářské práce je zaměřeno na porovnání změny mechanických vlastností vláken z regenerované celulózy při různých hodnotách relativní vlhkosti ovzduší (25 %, 45 %, 65 %). Byly ověřovány vlastnosti viskóзовých vláken, konkrétně viskózy matované, lesklé a bambusových vláken. Dále byla prověřována vlákna lyocelová, zde se jednalo o smartcel sensitive, smartcel clima a seacell pure.

Práce je rozdělena na tři základní části. Literární část, praktickou část a na výsledky měření a diskuze experimentu.

V literární části je zmíněn vývoj chemických vláken z přírodních polymerů. Práce je orientována na vlákna z regenerované celulózy. Je zde popsán vývoj, výroba a specifické vlastnosti viskóзовých, měďnatých a lyocelových vláken.

Praktická část popisuje zkoumaná vlákna a metody jejich přípravy pro experiment. Dále jsou definovány pojmy zjišťovaných mechanických vlastností vláken. Pozornost je věnována vybraným měřicím zařízením, na kterých byly experimenty provedeny – Vibroskop a Vibrodyn. Změna tloušťky vláken při různých vlhkostech je zjišťována pomocí obrazové analýzy Lucia G.

Ve třetí části této práce jsou uvedeny naměřené hodnoty, které jsou graficky znázorněny. Dále jsou diskutovány výsledky měření a případné nedostatky jednotlivých měřicích metod.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Celulózová vlákna

Mechanické vlastnosti

Obrazová analýza (Lucia G)

Vibroskop

Vibrodyn

ANNOTATION

The main aim of this bachelor issue is to compare the mechanical properties of fibres from regenerated cellulose in different relative humidity values (25 %, 45 %, 65 %). There were tested properties of viscose yarn, strictly speaking viscose matt, viscose shiny and bamboo fibres. In the following were tested lyocel fibres sensitive smartcel, smartcel clime and seacell pure.

The work is divided into three main chapters theoretical, practical and the measurement results with discussion part.

This thesis is focused on the fibers of regenerated cellulose. The theoretical part describes development of chemical fibres from natural polymers. There are described the development, production and specific properties of viscose fibres, copper and lyocel.

The practical part describes the investigated fibres and methods of their preparation for the experiment. In the following are defined the terms to identify the mechanical properties of fibres. Attention is paid to the selected measuring devices where the experiments were carried out - Vibroskop and Vibrodyn. Changing the thickness of the fibres at different humidities is determined by image analysis Lucia G.

The third section features the measured values with graphically display. Furthermore, the results of measurements and possible drawbacks of used measuring methods are also mentioned.

KEY WORDS:

Cellulose fibres

Mechanical properties

Image analyses (Lucia G)

Vibroskop

Vibrodyn

Obsah

1 ÚVOD	10
2 LITERÁRNÍ ČÁST	11
2.1 Vývoj chemických vláken z přírodních polymerů	11
2.2 Rozdělení chemických vláken z přírodních polymerů	12
2.3 Vlákná z regenerované celulózy	13
2.3.1 Viskózní vlákna	13
2.3.2 Měďnatá vlákna	21
2.3.3 Lyocelová vlákna	24
3. PRAKTICKÁ ČÁST	27
3.1 Popis zkoumaných vzorků	27
3.2 Charakteristika vybraných měřených vlastností	28
3.3 Popis použitých měřících zařízení	32
3.3.1 Vibroskop a Vibrodyn	32
3.3.2 Lucia G	35
3.3.3 Exsikátor	36
4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUZE	38
4.1 Měření pevnosti vláken	38
4.2 Měření pevnosti vláken v uzlu	46
4.3 Měření pevnosti vláken ve smyčce	49
4.4 Měření tažnosti vláken	52
4.5 Zjišťování průměrů vláken pomocí obrazové analýzy	60
5 ZÁVEŘ	67
Použitá literatura	70
Seznam tabulek	72
Seznam obrázků	74
Seznam příloh	76

Seznam použitých mezinárodních zkratk vláken:

CV ... viskóзовé vlákna

CUP ... měďnaté vlákna

CLY ... lyocelové vlákna

Seznam použitých chemických zkratk:

CS₂ ... sirouhlík

Cu(NH₃)₄(OH) ... amoniakální roztok hydroxidu měďnatého

Cu(OH)₂ ... hydroxid měďnatý

CuSO₄.5H₂O ... krystalický síran měďnatý

H₂SO₄ ... kyselina sírová

NaOH ... hydroxid sodný

Na₂SO₄ ... síran sodný

NMMO ... N-metylmorfolin-N oxid

TiO₂ ... oxid titaničitý

ZnCl₂ ... chlorid zinečnatý

ZnSO₄ ... síran zinečnatý

Seznam použitých fyzikálních veličin:

čm ... číslo metrické [m/g]

d_e ... ekvivalentní průměr vláken z jemnosti [m]

F ... síla [N]

F_{sm} ... pevnost vlákna ve smyčce [N]

f_{sm} ... poměrná pevnost ve smyčce [N]

f_r ... poměrná pevnost v tahu [cN/tex]

F_u ... pevnost vlákna v uzlu [N]

f_u ... poměrná pevnost v uzlu [cN/tex]

l ... délka [km]

l_o ... původní vzdálenost čelistí [mm]

l_p ... vzdálenost čelistí [mm]

m ... hmotnost [g]

T ... jemnost [tex]

T_d ... titr denier [den]

\mathcal{E} ... tažnost [%]

ρ ... hustota [kg/m³]

1 ÚVOD

Vlákno je základní stavební jednotkou celé textilní výroby. Vlastnosti vláken se promítají do vlastností finálního výrobku, ať už se jedná o příze či hotové plošné textilie. Počátek textilní výroby sahá hluboko do dávnověku, kdy lidé používali textilní přírodní vlákna k odívání. Od té doby uplynulo mnoho let, kdy se díky technologickému pokroku změnil textilní průmysl k nepoznání.

Jedním z významných pokroků bylo napodobit přírodní vlákna chemickou cestou. První zmínky o výrobě chemických vláken se objevily v 17. století, kdy se vědci snažili napodobit činnost bource morušového. O sto let později se objevila myšlenka rozpouštění celulózy v kyselině dusičné, což vedlo k výrobě prvních chemických vláken, kterou se dala zpracovat chemická vlákna. Takto se stala celulóza významným přírodním polymerem, používaným dodnes. Rozvoj výroby viskóзовého hedvábí nastal díky relativně nízké ceně výchozích surovin v první polovině 20. století. V dnešní době se chemická vlákna z přírodních polymerů, ačkoli své uplatnění nachází v různých odvětvích textilního průmyslu, nahrazují vlákny syntetickými. To je způsobeno především lepšími mechanickými vlastnostmi syntetických vláken.

Cílem této práce je pozorovat mechanické vlastnosti vláken z regenerované celulózy – od původních vláken viskózových (viskóza lesklá a matovaná) k nejnovějším typům vláken lyocelových (seacel pure, smartcel clima a smartcel sensitive) a bambusových vláken. Jsou sledovány změny pevností a tažností, pevností v uzlu a ve smyčce při různých vybraných relativních vlhkostech vzduchu 25 %, 45 % a 65 %. Z hlediska geometrických vlastností je sledována změna příčných rozměrů těchto vláken při stanovených vlhkostech vzduchu.

2 LITERÁRNÍ ČÁST

Literární část této bakalářské práce je podrobně zaměřena na výrobu chemických vláken, vyrobených z přírodních polymerů.

V první kapitole je přiblížen vývoj chemických vláken z přírodních polymerů. Dále je práce zaměřena na chemická vlákna získávána z regenerované celulózy, přesněji vlákna viskózová, měďnatá vlákna a lyocelová. Jsou zde popsány způsoby výroby jednotlivých vláken, jejich specifické vlastnosti a použití.

2.1 Vývoj chemických vláken z přírodních polymerů

Celá tisíciletí lidská populace používala k odívání a vytváření textilií přírodní vlákna, jako je například bavlna, len, hedvábí. První zmínky o pokusech výroby vláken chemickou cestou se objevily už v 17. století. Vědci sledovali činnost housenky bource morušového, z jejíhož plynule vyměšovaného exkretu tuhlo souvislé vlákno vynikajících vlastností. Tato skutečnost přivedla anglického fyzika Roberta Hooka (1635-1703) na myšlenku získávání vláken chemickou cestou na podobném principu. V druhé polovině 18. století vědci přišli na způsob, který z celulóзовého materiálu působením kyseliny dusičné dal získat produkt obsahující dusík, tzv. nitrát celulózy, který je dobře rozpustný v některých organických rozpouštědlech. Vznikl viskózní roztok, z něhož se dala velmi dobře vytahovat vlákna, která se dále po vysušení dala zpracovávat na textilní vlákno. [1, 2]

Vědci se zaměřili na rozpouštění celulózy nebo jejich derivátů, což bylo velkým pokrokem. Tímto se stala celulóza významným přírodním polymerem. Roku 1892 dvojice vědců M. Fremery a J. Urban získali vytlačováním mědnatoamoniakálního roztoku celulózy do zředěné kyseliny sírové nebo do zředěného roztoku hydroxidu sodného mědnatoamoniakální hedvábí. Rok poté zjistili CH. F. Cross, E. J. Bevan a C. Beadle, že reakcí mercerované celulózy sirouhlíkem vzniká nová sloučenina, tzv. xantogenát celulózy, který je rozpustný ve zředěném roztoku hydroxidu sodného, ze kterého byla vyrobena první viskózová vlákna. [1, 2]

V polovině 20. století stoupla výroba viskózového hedvábí téměř na 90 %. To bylo způsobeno tím, že základní surovinou se stala levnější celulóza a i ostatní

suroviny jako hydroxid sodný, sirouhlík a kyselina sírová byly snadno dostupné a relativně levné. V poslední době vzrostla výroba měďnatého hedvábí díky zlepšení výrobního postupu zvláknování do vody, čímž se získávají kvalitnější vlákna.

V dnešní době se měďnatá vlákna nahrazují vlákny syntetickými např. polyamidovými. [2]

2.2 Rozdělení chemických vláken z přírodních polymerů

- Regenerovaná celulóza
 - Viskózová vlákna
 - Měďnatá vlákna
 - Lyocelová vlákna
- Deriváty celulózy
 - Acetátová vlákna
 - Triacetát
 - Sedmiadiacetátová vlákna
 - Nitrátová vlákna
- Regenerované bílkoviny
 - Rostlinné bílkoviny
 - Arašidová vlákna
 - Sojová vlákna
 - Kukuřičná vlákna
 - Vlákna z podzemnice olejné
 - Živočišné bílkoviny
 - Kaseinová vlákna
 - Vlákna z keratinu odpadové vlny
 - Vlákna z fibroinu z odpadů přírodního hedvábí
- Ostatní přírodní polymery
 - Alginátová vlákna
 - Chitinová vlákna [6]

2.3 Vlákná z regenerované celulózy

Vlákná na bázi celulózy se řadí do skupiny chemických vláken získávaných z přírodních polymerů, čili jsou vyráběna z makromolekulárních látek nacházejících se ve volné přírodě.

Výchozí surovinou pro výrobu těchto vláken je celulóza, známá také pod starším názvem buničina. Celulóza je polysacharid vyskytující se hlavně v jednoletých a mnoholetých rostlinách jako součást jejich buněčných stěn, ale nikde není přítomna v čisté podobě. Nejdůležitější podmínkou je obsah celulózy, který nesmí klesnout pod hranici 88 %.

Základní typy celulózových vláken, která budou podrobněji rozepsána v následujících kapitolách, jsou:

- Viskóзовá vlákna
- Měďnatá vlákna
- Lyocelová vlákna [2, 3, 4]

2.3.1 Viskóзовá vlákna

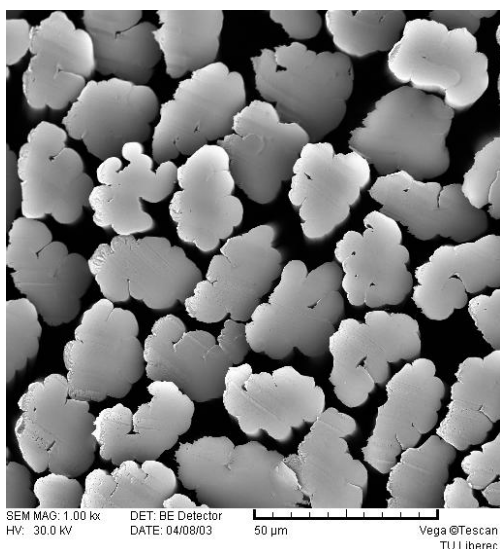
První viskóзовá vlákna byla vyrobena roku 1891, kdy trojice anglických vědců Ch. F. Cross, E. J. Bevan a C. Beadle objevila způsob rozpouštění celulózy přes vytvoření přechodného derivátu, tzv. xantogenátu celulózy. Z tohoto roztoku začaly vznikat první viskóзовá vlákna normálního typu. Původně byla vyráběna jako náhrada přírodního hedvábí. Normální viskóзовá vlákna jsou označována mezinárodní zkratkou CV.

V dnešní době jsou prakticky nejrozšířenějším typem chemických vláken. Díky jejich levné výrobě tvoří až 80 % produkce chemických vláken z přírodních polymerů. Vyrábí se ve formě nekonečného vlákna, označovaného pod názvem viskóзовé hedvábí, nebo jako viskóзовá střiž, která se získává rozřezáním viskóзовého hedvábí na délku 2 – 15 cm podle potřeby dalšího zpracování.

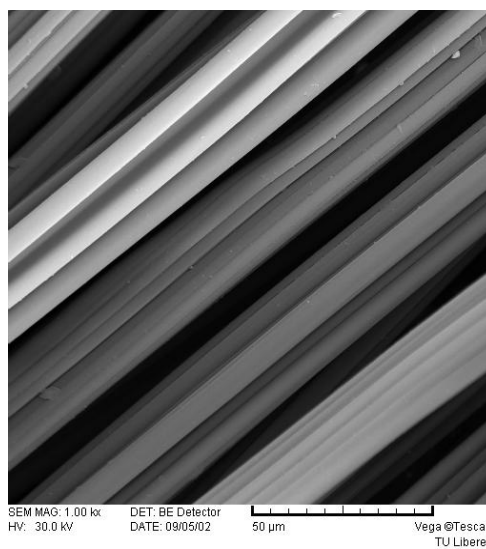
Pro viskóзовá vlákna je charakteristický vysoký lesk, který je pro většinu spotřebních výrobků nežádoucí. Tento vysoký lesk se snižuje matováním pomocí oxidu

titaničného (TiO_2) před zvlákňováním. Vlákná jsou dostupná v různých jemnostech i s upraveným vzhledem jako lesklá, matovaná, barvená ve hmotě případně hladká nebo obloučkovaná. [2, 3, 5, 6]

Morfologie vlákna



*Obrázek 2.1 Viskózová vlákna
příčný řez (zvětšeno 1000x) [10]*



*Obrázek 2.2 Viskózová vlákna
podélný řez (zvětšeno 1000x) [11]*

Na prvním obrázku (2.1) je znázorněn příčný řez viskózovými vlákny, na kterém jde vidět jejich typický laločnatý tvar, jenž je pro viskózová vlákna charakteristický. U podélného řezu, viz druhý obrázek (2.2), se viskózová vlákna jeví pod mikroskopem jako stejnoměrná tyčinka s výraznými nepřerušovanými rýhami. Právě tyto rýhy jsou různě široké dle laloků, zobrazených na příčném řezu. [4]

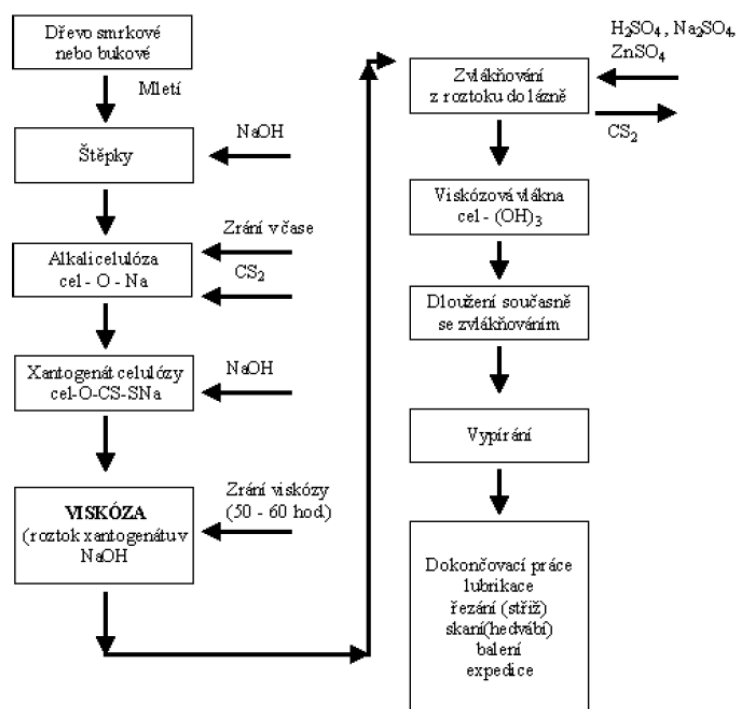
Výroba viskózových vláken

Základní technologický postup pro všechna viskózová vlákna je relativně stejný. Liší se pouze v detailech, jako je použité zařízení, teploty při jednotlivých operacích, apod. Výroba může být kontinuální (nepřerušovaná), kdy jednotlivé operace na sebe plynule navazují, nebo diskontinuální (přerušovaná).

Výchozí surovinou pro výrobu viskózových vláken je celulóza, získávána převážně ze smrkového, bukového nebo jedlového dřeva. Dalšími přísadami

jsou hydroxid sodný (NaOH), jehož různé koncentrace jsou používány k přípravě alkaliceleulózy a k rozpouštění xantogenátu celulózy, dále sirouhlík (CS_2), který je používán ke xatogenaci alkaliceleulózy, a v neposlední řadě kyselina sírová (H_2SO_4), používána na přípravu zvláknovací lázně. [3, 13]

Schéma výroby viskóзовých vláken je znázorněna na následujícím obrázku (2.3):



Obrázek 2.3 Schéma výroby viskóзовého vlákna [12]

Výrobu viskóзовých vláken je možné rozdělit na tyto úseky:

1. Příprava zvláknovacího roztoku
2. Zvláknování viskózy
3. Zušlechťování
4. Textilní úpravy

Celulóza získaná ze smrkového, bukového nebo jedlového dřeva je dále zpracovávána podle technologického zařízení, které je používáno při alkalizaci. Zpracovává se v podobě listů daných rozměrů, kotoučů přesné šířky a gramáže, nebo je

používána tzv. celulózová drť. Aby byl vyrovnán obsah vlhkosti a další nepravidelnosti, je nutné celulózu důkladně promíchat. Prvním krokem přípravy zvlákňovacího roztoku je alkalizace celulózy.

Výroba alkaliceleulózy probíhá podle následující chemické reakce: [2]



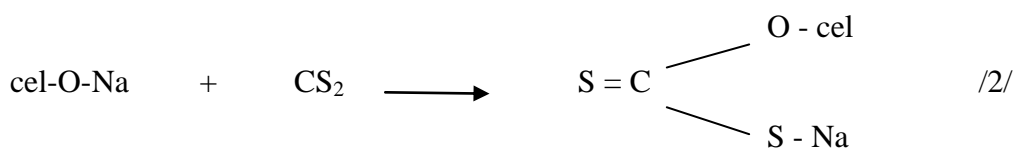
Alkalizace celulózy je založena na principu namáčení celulózy v 17%ním roztoku hydroxidu sodného (NaOH), při teplotě 20 °C po dobu 60 minut. V tento moment probíhají chemické, fyzikálně chemické a strukturální změny celulózy. Přesněji dochází ke vzniku nové sloučeniny a to alkaliceleulózy, současně probíhá i silné bobtnání a rozpouštění nízkomolekulárních frakcí a hemicelulóz. Po ukončení alkalizace je nutné přebytečný hydroxid sodný (NaOH) odlisovat v lisovacím zařízení.

Vzniklá alkaliceleulóza opouští lisovací zařízení ve formě nepravidelných velkých a malých úlomků. Aby alkaliceleulóza byla kyprá a její jednotlivá vlákna přístupnější, podrobuje se alkaliceleulóza procesu rozvlákňování. Rozvlákňováním se sama alkaliceleulóza zkypří a podstatně se zvětší její aktivní povrch alkalizované plochy. Běžná doba rozvlákňování se pohybuje v rozmezí od 2,5 do 3 hodin.

Alkaliceleulóza zbavená přebytečného hydroxidu sodného (NaOH) lisováním a rozvlákňováním se podrobuje dalšímu procesu a to předzrávání. Předzrávání trvá podle výše teploty 6 až 24 hodin. Jeho účelem je snížit polymerační stupeň oxidací vzdušným kyslíkem v alkalickém prostředí. Polymerační stupeň se snižuje přibližně na polovinu, tedy na 550 až 650.

Další fází výroby viskóзовých vláken je xantogenace alkaliceleulózy. Jde o působení sirouhlíku (CS₂) na alkaliceleulózu a její následné převedení na xantogenát celulózy. [2]

Xantogenát celulózy: [6]



Tato fáze výroby je velice důležitá, protože xantogenát je na rozdíl od alkaliceulózy rozpustný ve zředěném hydroxidu sodném (NaOH) nebo ve vodě. Xantogenace probíhá v tzv. xantogenačních reaktorech. Při této reakci se uvolňuje teplo, ale teplota v xantogenačních reaktorech nesmí přesáhnout hranici 37 °C, proto jsou tato zařízení opatřena chladícím zařízením. Xantogenát má podobu žlutooranžové drtě, ale jeho barva je ovlivněna teplotou. Xantogenace trvá při teplotě 25 °C přibližně 2 až 2,5 hodiny, ale zvýšením teploty na 35 °C lze proces zkrátit až na hodinu.

Dále je zapotřebí rozpuštění xantogenátu celulózy. Rozpustnost xantogenátu celulózy závisí na polymeračním stupni a jeho polydisperzivitě, na složení a poměru obsahu hydroxidu sodného k celulóze, na teplotě a na způsobu, ve kterém se xantogenát rozpouští. Xantogenát celulózy bývá obvykle rozpouštěn ve 4%ním hydroxidu sodném (NaOH), tímto vzniká medovitý roztok, zvaný viskóza.

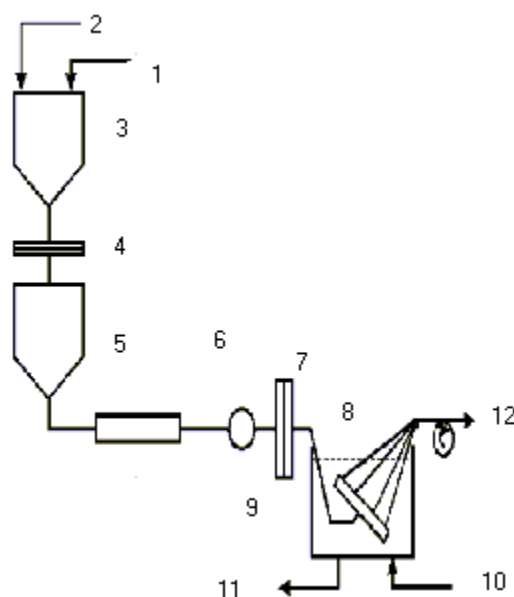
Čerstvě připravený roztok viskózy není za normálních podmínek zvlákňovatelný. Aby bylo možné roztok viskózy zvlákňovat, musí nejprve projít procesem zrání. Zrání viskózy začíná již od okamžiku přidání sirouhlíku (CS₂) k alkaliceulóze. Princip zrání je založen na udržování viskózního roztoku v konstantní teplotě, která se pohybuje v intervalu od 16 do 20 °C po dobu 50 - 60 hodin. Po chemické stránce můžeme považovat zrání viskózy za opak xantogenace. Zatímco u xantogenace probíhá náhrada hydroxilových skupin, při zrání dochází k jejich regeneraci a tím i k regeneraci celulózy.

Roztok xantogenátu celulózy obsahuje větší či menší množství nečistot, které musí být odstraněny, má-li být zvlákňování vůbec možné. I při zcela nepatrném znečištění se ucpávají jemné otvory zvlákňovacích trysek, proto musí roztok xantogenátu celulózy projít filtrací. K filtraci bývá používána bavlněná tkanina. Roztok xantogenátu celulózy se filtruje ve třech až čtyřech stupních. Pro úpravu vzhledu a vlastností viskóзовých vláken se do roztoku viskózy přidávají přísady jako například matovací prostředek, organické a anorganické pigmenty a popřípadě přísady zlepšující tepelné vlastnosti vláken.

Zvlákňování viskózy je jednou z nejdůležitějších částí technologického procesu výroby viskóзовých vláken. Podstata zvlákňování je založena v protlačování zvlákňovacího roztoku malými otvory zvlákňovacích trysek do koagulační lázně,

kde je přítomna kyselina sírová (H_2SO_4), síran zinečnatý (ZnSO_4) a síran sodný (Na_2SO_4). Při koagulaci se uvolňují škodlivé plyny, což je velkým nedostatkem výroby viskózních vláken. Následným odtahem vláken od zvláknovacích trysek dochází k podtlaku uvnitř vlákna, to má za následek zhroucení původního kruhového průřezu vláken na jejich charakteristický obláčkovitý tvar. Spolu se zvláknováním probíhá i dloužení vláken, při kterém dochází k růstu orientace a pevnosti vláken. Zvláknování viskózních vláken závisí nejen na složení a vlastnostech roztoku a srážecí lázni, ale také na ponoru zvláknovací trysky v lázni. Čím hlouběji je zvláknovací tryska v lázni ponořena, tím je dráha ve zvláknovací lázni delší. Běžný ponor trysek bývá 20 až 30 cm, tudíž při normálních odtahových rychlostech zůstává vlákno v lázni 0,1 až 0,2 sekundy. [2, 3]

Schéma zvláknování vláken za mokra je znázorněno na obrázku 2.4.



Obrázek 2.4 Schéma zvláknování za mokra [12]

(1, 2) příprava roztoku, (3, 5) zásobník zvláknovacího roztoku, (4, 7) filtry,
(6) dávkovací čerpadlo, (8) zvláknovací tryska, (9) srážecí vana,
(10, 11) přívod a odvod srážedla, (12) dloužení

V dalších fázích výroby je nutné zbavit viskózní vlákna zbytků zvláknovací lázně, přesněji kyseliny sírové (H_2SO_4), síranu sodného (Na_2SO_4) a síranu zinečnatého (ZnSO_4). Tohoto efektu je docíleno praním. Dále mohou být viskózní vlákna chemicky a mechanicky zušlechťována a jsou zlepšovány jejich fyzikální a vzhledové vlastnosti vláken, jako je pružnost, měkkost, hladkost a omak vláken. [2, 13]

Vlastnosti a použití viskózních vláken

Viskózní vlákna mají poměrně malou pevnost, která díky jejich bobtnavosti ve vodě a v roztocích alkálií klesá v mokřém stavu až na polovinu. Protože jsou viskózní vlákna málo pružná, výrobky z nich se značně mačkají. Tato vlákna jsou poměrně nestálá vůči vyšším teplotám, při teplotě nad $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ se rychle porušují, ztrácejí pevnost a při teplotě nad $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ začíná destrukce vláken. Při spalovací zkoušce je lze charakterizovat jako vlákna netavitelná, snadno se rozpadající. Mají charakteristický zápach po spáleném papíru, po shoření zůstane šedo-bílý popel.

Z mechanických vlastností je třeba upozornit na riziko srážlivosti při vyšších teplotách, zvláště pak v mokřém stavu. Viskózní vlákna je možné barvit substantivními, sirnými a kypovými barvivy. Z hlediska zpracovatelských vlastností je třeba uvést malý sklon ke vzniku elektrostatického náboje, malou tvarovou stálost jak za sucha, tak i za mokra, obzvláště při praní a větší sklon ke tvorbě žmolků. Nejčastěji jsou viskózní vlákna směšována s bavlnou, vlnou a polyesterovými vlákny. Tkaniny z normálních viskózních vláken jsou používány na halenky, šatovky a podšívkoviny. [3, 9]

Speciální typy viskózních vláken

Aby byly potlačeny některé nevýhodné vlastnosti, zejména nízká pevnost za mokra, začaly se vyrábět nové druhy viskózních vláken, zaměřené především na zlepšení jejich vlastností.

- **Vlákna II. generace** – jedná se o vlákna z regenerované celulózy, ale vyráběná upraveným výrobním postupem, tato vlákna lze dále rozdělit na vlákna vysoce pevná a modalová viskózní vlákna;

- **vlákna III. generace** – do této skupiny se řadí vlákna obsahující kanálek známá pod obchodním názvem VILOFT, a vlákna obloučkováná PRIMA. [6]

Vysoce pevná vlákna

Tato vlákna se vyznačují svoji vysokou pevností za sucha i za mokra, ale bohužel ztrácí na tažnosti. Jejich sklon k bobtnání je nízký. Roku 1935 se začala vyrábět pod obchodním názvem TENASCO. Tato vlákna nacházejí uplatnění především v technickém sektoru. Nemají charakteristický ledvinovitý tvar, ale spíše oválný, podobný měďnatému hedvábí. [2, 3]

Modalová viskózová vlákna

K této skupině patří vlákna s vysokým modulem za mokra – typu HWM (High Wet Modulus) a vlákna polynozická.

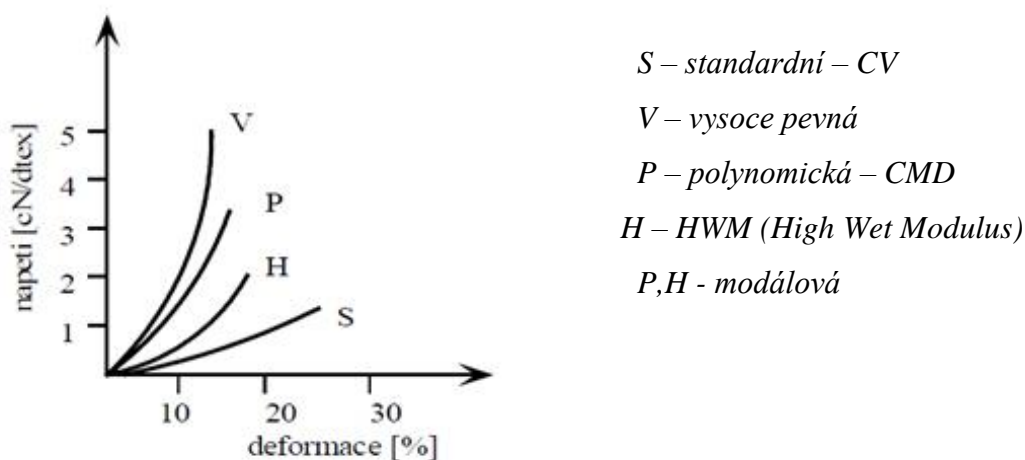
Vlákna typu HWM označují širokou skupinu viskózových vláken se zlepšenými vlastnostmi, zejména, jak již název napovídá, vysokou pevností za mokra. Mají plný omak a dobrou stálost ve smyčce. Svými vlastnostmi se blíží bavlně. Vlákna HWM typu jsou odolnější vůči alkáliím. Díky tomu je lze mercerovat. Nejčastěji jsou používána na osobní prádlo, vrchní oblečení, sportovní oděvy a bytové textilie. [3, 8]

Polynozická vlákna se začala vyrábět v Evropě na konci 50. let minulého století. Tato vlákna mají vysoký polymerační stupeň, který se pohybuje v rozmezí 500 – 600, oproti viskózovým vláknům normálního typu, kde se velikost polymeračního stupně pohybuje v intervalu 240 – 280. Do vláken tohoto typu dobře pronikají barviva a povrchově aktivní látky. Mají vysokou pevnost v mokrému i suchém stavu a velice dobrou stálost proti alkáliím. Díky této vlastnosti se dají, stejně jako vlákna HWM typu, mercerovat. Polynozická vlákna mají dobré fyzikální vlastnosti, jako je například dobrá tvarová stálost, dobrá barvitelnost, jsou měkčí, plnější, ale na druhou stranu jsou křehčí, lámavější a citlivější na oděr. Ostatní vlastnosti polynozických vláken jsou srovnatelné s vlastnostmi viskózových vláken normálního typu. [3, 8]

Z dalších typů speciálních viskózových vláken můžeme uvést vlákna se sníženou hořlavostí. Toho je možné docílit speciální povrchovou úpravou buď

samotných vláken, nebo u hotového textilního výrobku. Můžeme také zmínit vlákna vysoce obloučkovaná, ta se získávají spřádáním za speciálních podmínek, kdy se vyvolá jednostranná asymetrie vlákna. Tento tvar však nebývá stálý, mění se především v mokřém stavu. [3]

Na následujícím obrázku (2.5) je znázorněno srovnání pevností speciálních viskózových vláken s vlákny normálního typu.



Obrázek 2.5 Křivka napětí – protažení viskózových vláken [6]

Viskózová vlákna se na trhu vyskytují pod obchodními názvy DANUFIL, DUNAFIL, DURAFIL, EVLAN, FIBRO, SARLLE, VISCOSTAT, TUFCEL, TENASCO, ENKA, SNIA, POLINOSICA. [29]

2.3.2 Měďnatá vlákna

Měďnatá vlákna, nazývaná také jako měďnato-amonná, patří do skupiny chemických vláken získávaných z přírodních polymerů, jejichž základní stavební jednotkou tvoří celulóza. Jsou označována mezinárodní zkratkou CUP. Stejně jako u vláken viskózových, tak i u měďnatých vláken se jejich vysoký lesk snižuje matováním, ke kterému je používán oxid titaničitý (TiO_2). Měďnatá vlákna mají hladký povrch. Tvar příčného řezu je kruhový až oválný, bez členitosti. Pokud jsou matována, jsou na řezu patrné částice rozptýleného matovacího prostředku. Stejně jako viskózová

vlákna, tak i měďnatá vlákna jsou vyráběna ve formě hedvábí a stříže. Měďnaté hedvábí je vyráběno v jemnostech od 34 až 170 dtex, stříž v jemnostech od 1,1 až 6,6 dtex. [3]

Výroba měďnatých vláken

Výroba měďnatých vláken započala již v roce 1899, kdy firma Glanzstoff začala vyrábět první vlákna tohoto typu určená pro textilní účely. Produkce měďnatých vláken je v poslední době udržována na stále stejné úrovni. Jelikož výroba těchto vláken je značně nákladná, byla v některých důležitých spotřebních oblastech, jako jsou dámské punčochy a spodní prádlo, nahrazena vlákny syntetickými. K výrobě měďnatých vláken je zapotřebí vysoce čisté celulózy, jejíž obsah nesmí klesnout pod hranici 96 % α -celulózy. Proto jsou pro výrobu těchto vláken používána bavlněná vlákna linters¹. Pro výrobu měďnatých vláken může být také používán bavlněný odpad, popřípadě zušlechtěná celulóza. [2, 3, 6]

Vlastní výrobní postup spočívá v rozpouštění celulózy v tzv. Schweitzerově činidle, což je název pro amoniakální roztok hydroxidu měďnatého $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$. Jako základní surovina je zde použit již zmíněný bavlněný linters. Ten se nejprve musí zbavit nečistot, jako jsou vosky, bílkovinné a pektinové látky, barviva, sacharidy a minerální látky. Tyto nečistoty jsou odstraňovány vyvařením v 1%ním hydroxidu sodném (NaOH) při teplotě 120 °C. Následuje praní a elektrolytické bělení nebo bělení chlorovým vápnem. Po bělení je nutné celulózu přeprat a usušit.

Usušená celulóza je rozvlákňována v amoniaku na speciálních rozvlákňovacích mlýnech. Ke vzniklé vláknité hmotě je přidáván krystalický síran měďnatý ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) neboli modrá skalice a hydroxid sodný (NaOH). Touto operací je síran měďnatý převeden na hydroxid měďnatý ($\text{Cu}(\text{OH})_2$). Vzniklý roztok je intenzivně míchán a jsou do něho přidávány různé přísady, aby bylo zabráněno případné oxidaci. Po této operaci je celulóza rozpuštěna a následuje zvlákňování.

¹ Linters - krátká, nesprádatelná vlákna pokrývající semeno bavlny po odsemenění, jejíž délka nepřesahuje 10 mm [6]

Zvlákňování je možné provádět dvěma způsoby.

1) Systém Bemberg – jedná se o dvoustupňovou koagulaci

- Nejprve je spřádací roztok protlačován přes zvlákňovací trysku, kde neustále proudí voda, čímž měďnatoamonný roztok celulózy koaguluje a současně se zkoagulované vlákno orientuje a protahuje. Operace orientace a protahování se opakuje až osmdesátkrát. Tímto se podstatně zlepši fyzikálně mechanické vlastnosti měďnatých vláken.
- Dále je vlákno protahováno do srážecí lázně, která obsahuje kyselinu sírovou (H_2SO_4), kde dochází ke konečnému vysrážení vlákna a k regeneraci celulózy.

Tímto způsobem zvlákňování jsou získávána jemná, dobře orientovaná, ale málo pevná vlákna.

2) Alkalické zvlákňování

- Tento způsob zvlákňování je používán při získávání hrubších a pevnějších vláken. Koagulace a zvlákňování vláken zde probíhá ve zředěném roztoku hydroxidu sodného (NaOH).

Vysrážená vlákna z obou dvou způsobů jsou navíjena na cívky a jsou propírána vodou naředěnou kyselinou sírovou (H_2SO_4), aby bylo zbaveno zbytků měďnatých a amoniových iontů. Poté následuje sušení, skaní a soukání na cívky a následná expedice. [2, 3, 6]

Vlastnosti a použití měďnatých vláken

Vlastnosti měďnatých vláken ve značné míře závisí na způsobu jejich zvlákňování. Jak již bylo uvedeno, existují dva druhy zvlákňování měďnatého hedvábí. Z prvního typu zvlákňování se měďnatá vlákna svými vlastnostmi podobají spíše přírodnímu hedvábí. V druhém případě jsou vlákna hrubší, vlastnostmi podobající se viskózním vláknům. Tato vlákna se tedy vyznačují vysokou bobtnavostí a malou pevností za mokra. Na druhou stranu poměr pevnosti za mokra a pevnosti za sucha je lepší, zvláště pak u vláken zvlákňovaných do vody. Jejich příznivou vlastností je vyšší afinita k barvivům. Snadno se dají barvit přímými, sirnými, kypovými a bazickými barvivy. Chemická odolnost vůči kyselinám a roztokům hydroxidů je srovnatelná s odolností přírodních vláken celulózových.

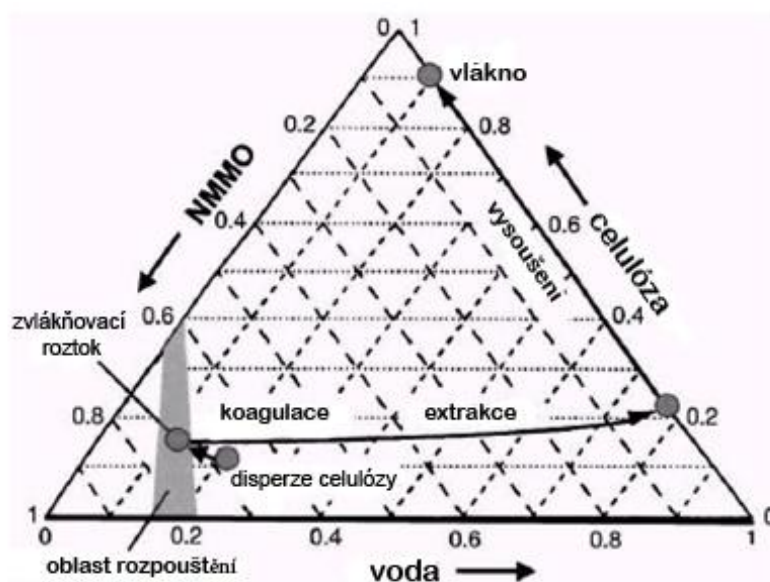
Měďnatá vlákna se používají k výrobě pletenin a lehkých tkanin určené na svrchní ošacení, dále je lze použít při výrobě podšívkových, prádla nebo jako bytový či dekorační textil. [2, 3]

Měďnatá vlákna se na trhu vyskytují pod obchodními názvy CUPRAMA, CUPRO. [29]

2.3.3 Lyocelová vlákna

Ekologicky neúnosný způsob rozpouštění celulózy u viskózových vláken a vysoká toxicita sirouhlíku (CS_2) vedla k vytvoření nového vlákna, které by životní prostředí tolik nezatěžovalo. Již v roce 1939 zveřejnil Graeneche možnost rozpouštění až 10 % celulózy v terciálních aminosolích. Tímto se nechal inspirovat Johnson a roku 1959 patentoval rozpouštědlový systém na bázi N – metylmorpholin – N oxidu (NMMO), známe pod zkratkou NMMO, ale díky silnému dipólu N – O, bylo možné rozpouštění jen ve vodném roztoku. V roce 1990 popsala dvojice vědců Mc Corsely a Varga speciální postup přípravy koncentrovaných roztoků celulózy v NMMO. NMMO vzniká peroxidickou oxidací N metylmorpholinu. Bod tání čistého NMMO je 170 °C, hydratací s jednou molekulou vody vzniká krystalický monohydrát, který má bod tání 75 °C a lépe rozpouští celulózu.

Rozpustnost NMMO, vody a celulózy v binární směsi je znázorněna na následujícím obrázku (2.6):

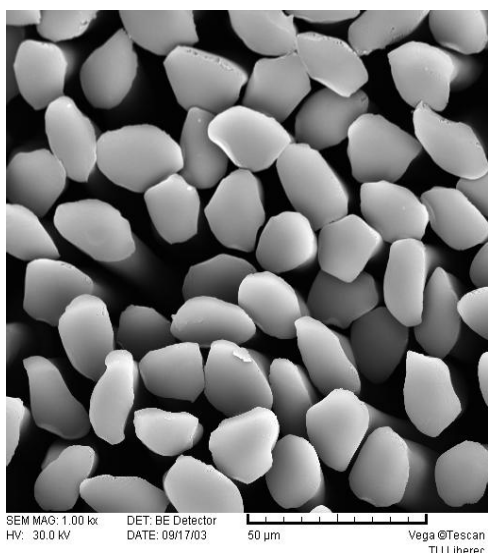


Obrázek 2.6 Terciální diagram [15]

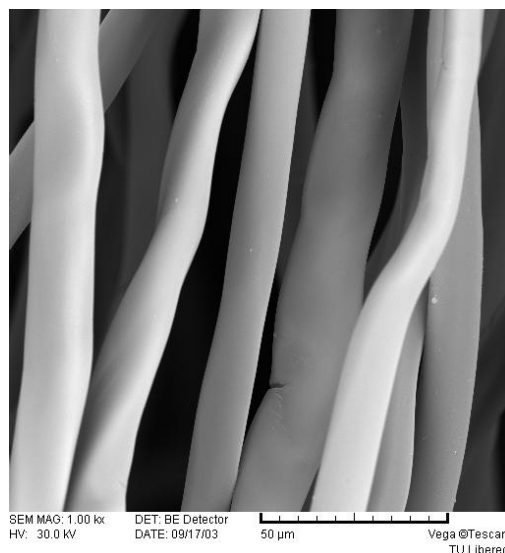
Rozpustnost celulózy v binární směsi vody a NMMO v terciálním diagramu popsal Prof. Ing. Jiří Militký, Textilní vlákna (2002, s 143). „ Pouze malá šedá oblast zde znázorňuje úplné rozpuštění celulózy v koncentrovaném NMMO. Prakticky se začíná mimo tuto oblast z disperze celulózy ve směsi voda NMMO. Voda je pak postupně odstraňována při sníženém tlaku a zvýšené teplotě (100 °C) až se dosáhne oblasti úplného rozpuštění (viz šipkami označené čáry). Po zvláknění nastává koagulace a extrakce NMMO.“ [6]

Lyocelová vlákna jsou nejmladším zástupcem přírodních vláken z regenerované celulózy. Mnohdy jsou nazývána jako vlákna nové generace. Přísluší jim mezinárodní zkratka CLY.

Morfologie vlákna



Obrázek 2.7 Lyocelová vlákna příčný
řez (zvětšeno 1000x) [10]



Obrázek 2.8 Lyocelová vlákna podélný
řez (zvětšeno 1000x) [11]

Na obrázku č. 2.7 je znázorněn příčný řez lyocelovými vlákny, na kterém je patrný jejich kruhový až oválný tvar. Na podélném řezu, který je zobrazen na obrázku č. 2.8 se vlákna jeví jako nepravidelné tyčinky.

Výroba lyocelových vláken

K výrobě lyocelových vláken je používána celulóza získávána z bukového nebo dubového dřeva, která je dále zpracovávána podobně jako viskózová vlákna.

První fází výroby lyocelových vláken je příprava homogenního koncentrovaného roztoku celulózy ve směsi voda a NMMO v poměru 8 – 20 % celulózy, 75 – 80 % NMMO a 5 – 12 % vody. Následuje vytlačování koncentrovaného roztoku přes vzdušnou mezeru do srážecí lázně při teplotě 90 – 120 °C. Ve srážecí lázni jsou obsaženy voda a polární rozpouštědla nebo jsou také používána různá bobtnadla jako je hydroxid sodný (NaOH) či chlorid zinečnatý (ZnCl₂). V této lázni zároveň probíhá i koagulace a dloužení vláken. Po této operaci následuje praní a sušení vláken a následná expedice. [6]

Vlastnosti a použití lyocelových vláken

Lyocelová vlákna jsou charakteristické svými vynikajícími mechanickými vlastnostmi. Ve srovnání s viskózovými vlákny mají výrazně vyšší pevnost za mokra i za sucha, vyšší pevnost ve smyčce a uzlu. Tažnost je oproti viskózovým vláknům podstatně nižší jak v mokrému tak i v suchém stavu. Mají speciální omak a vyšší tendenci k fibrilaci za mokra. Vlastnosti lyocelových vláken lze v širokých mezích měnit přidávkou různých polymerů rozpustných v NMMO do srážecí lázně.

Lyocelová vlákna jsou používána na dámské a pánské sportovní ošacení. Velké uplatnění získávají ve zdravotnictví. Díky svým vynikajícím vlastnostem jsou používána na potahy na matrace a s příměsí dutých vláken jako výplňky do peřin a polštářů. [6]

Lyocelová vlákna se na trhu vyskytují pod obchodními názvy TANCEL, SMARTCEL, SEACELL. [29]

3. PRAKTICKÁ ČÁST

Tato kapitola zahrnuje popis zkušebních vzorků, které byly proměřovány na vybraných měřicích zařízeních. Mezi tato měřicí zařízení patří zkušební přístroj Vibroskop 400, na kterém byla stanovena jemnost vláken. Dále byla měřena pevnost, tažnost, pevnost ve smyčce a v uzlu a poměrná pevnost na přístroji Vibrodyn 400 a pomocí přístroje Lucia G byla provedena obrazová analýza.

Hlavním cílem práce je pozorovat rozdíly zvolených mechanických vlastností vybraných druhů vláken při různých stupních vlhkosti (25 %, 45 %, 65 %) a tyto hodnoty porovnat. Dalším úkolem bylo zjistit změnu rozměrů těchto vláken při zvolených relativních vlhkostech ovzduší.

3.1 Popis zkoumaných vzorků

Během experimentu byly proměřovány mechanické vlastnosti šesti druhů celulóзовých vláken. Jednalo se o tři zástupce viskóзовých vláken, kde byla proměřována viskóza lesklá, viskóza matovaná a bambusové vlákno. Dále byly zkoumány tři typy lyocelových vláken, kde se jednalo o vlákna smartcel clima, smartcel sensitive a seacel pure. Jemnost zmíněných vláken při pokojových klimatických podmínkách je zobrazena v následující tabulce.

Tabulka 3.1 Přehled měřených vláken

Název vlákna	jemnost
Viskóza lesklá	5,5 dtex
Viskóza matovaná	1,44 dtex
Bambusová vlákna	1,5 dtex
Smartcel clima	1,7 dtex
Smartcel sensitive	2,5 dtex
Seacel pure	1,7 dtex

3.2 Charakteristika vybraných měřených vlastností

Jemnost

Pro vyjádření jemnosti je v textilní praxi používána soustava *tex*. Pomocí této soustavy je vyjadřována délková hmotnost vláken nebo přízí v jednotkách [tex]. [17]

Jemnost je dána vztahem:

$$T = \frac{m}{l} \quad (1)$$

kde: T ... jemnost vláken [tex]

m ... hmotnost vláken [g]

l ... délka vláken [km]

Tedy jemnost 1 tex značí, že délka 1 km délkové textilie má hmotnost 1 g.

V textilní praxi se také můžeme setkat s vyjádřením jemnosti v čísle metrickém, které je dáno vztahem:

$$\check{m} = \frac{l}{m} \quad (2)$$

kde: \check{m} ... jemnost vláken v délkové soustavě – číslo metrické [m/g]

l ... délka vlákna [m]

m ... hmotnost vlákna [g]

S touto jednotkou bylo možno se setkat v dřívějších dobách. [17]

Pro vyjádření jemnosti lze také použít jednotku titr denier, kde platí:

$$Td = \frac{m}{l} \quad (3)$$

kde: Td ... jemnost vláken ve hmotnostní soustavě – titr denier [den]

m ... hmotnost vláken [g]

l ... délka vlákna [m]

Tento způsob vyjádření jemnosti je používám převážně pro hedvábí nebo chemická vlákna. [17]

V následujících vzorcích jsou zobrazeny převody mezi jednotlivými typy vyjadřování jemnosti:

$$T = \frac{1000}{\text{čm}} \quad (4)$$

kde: T ... jemnost vláken [tex]

čm ... jemnost vláken v délkové soustavě – číslo metrické [m/g]

$$Td = 9.T \quad (5)$$

kde: T ... jemnost vláken [tex]

Td ... jemnost vláken ve hmotnostní soustavě – titr denier [den]

Jak již bylo zmíněno, tyto jednotky byly používány dříve, dnes se setkáváme převážně se soustavou tex. [28]

Během experimentu byla jemnost jednotlivých vláken proměřována na přístroji Vibroskop 400.

Pevnost

Pevnost vláken je jednou z jejich nejdůležitějších vlastností. Zkoušky pevnosti jsou prováděny na trhacích přístrojích. Jde o působení síly F v Newtonech [N], která byla vyvinuta na přetržení měřeného vzorku. Zaznamenává se okamžik přetržení, ke kterému dochází v nejslabším a nejméně pevném místě na měřeném vzorku. Pevnost je určena samotnou pevností měřeného vzorku, napínací délkou a rychlostí horní a spodní čelisti na měřicím zařízení.

Daleko častější a pro textilní praxi vhodnější je použití tzv. poměrné pevnosti f_r [cN/tex]. Ta usnadňuje srovnání jednotlivých měřených vzorků mezi sebou. Poměrná pevnost je definována relativním namáháním vzorku, které je totožné se zatížením do přetrhu vzorku. Vyjadřuje celkový přepočet síly v Newtonech při přetržení vlákna na základní konstrukční jednotku, tedy jemnost. [18, 19]

Nejčastěji je používáno vyjádření: [17]

$$f_r = \frac{F}{T} \quad (6)$$

kde: f_r ... poměrná pevnost vlákna v tahu [cN/tex]

F ... síla (absolutní pevnost vlákna v tahu) [N]

T ... jemnost vlákna [tex]

Mezi simulační zkoušky kombinovaného namáhání je zahrnuto proměřování pevnosti ve smyčce a v uzlu. [18]

Pevnost vlákna ve smyčce je dána vztahem: [18]

$$f_{sm} = \frac{F_{sm}}{2 \cdot T} \quad (7)$$

kde: f_{sm} ... je poměrná pevnost vlákna ve smyčce [N/tex]

F_{sm} ... je absolutní pevnost vlákna ve smyčce [N]

T ... jemnost vlákna [tex]

Pevnost vlákna v uzlu je charakterizována: [18]

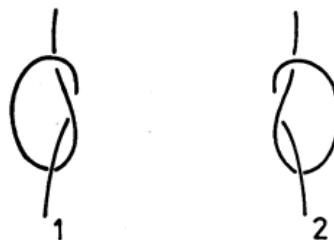
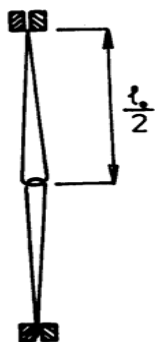
$$f_u = \frac{F_u}{T} \quad (8)$$

kde: f_u ... poměrná pevnost vlákna v uzlu [N/tex]

F_u ... je absolutní pevnost vlákna v uzlu [N]

T ... jemnost vlákna [tex]

Na následujících obrázcích (3.1 a 3.2) jsou znázorněna schémata přípravy vláken pro měření pevnosti ve smyčce a v uzlu.



Obrázek 3.1 Pevnost vlákna ve smyčce [18]

Obrázek 3.2 Pevnost vlákna v uzlu [18]

Tažnost

Tažnost je charakterizována celkovým poměrným prodloužením při přetržení. Je určována zároveň se zkouškami pevnosti. Jde o prodloužení úseku zkoušeného vzorku v okamžiku přetržení. Tažnost je ovlivňována rychlostí zatížení, neboť čím rychleji je měřený vzorek zatěžován, tím je menší jednotka času na přeskupení vnitřních sil v materiálu. Platí tedy, že s rostoucí rychlostí zátěže roste pevnost, ale tažnost klesá. [19]

Deformace do přetržení je dána vztahem: [17]

$$\varepsilon = \frac{(l_p - l_o)}{l_o} 10^2 \quad (9)$$

kde: ε ... tažnost vlákna [%]

l_p ... maximální vzdálenost čelistí v okamžiku přetržení [mm]

l_o ... původní vzdálenost čelistí (upínací délka) [mm]

Pevnost a tažnost jednotlivých vláken byla během experimentu proměřována na přístroji Vibroskop 400.

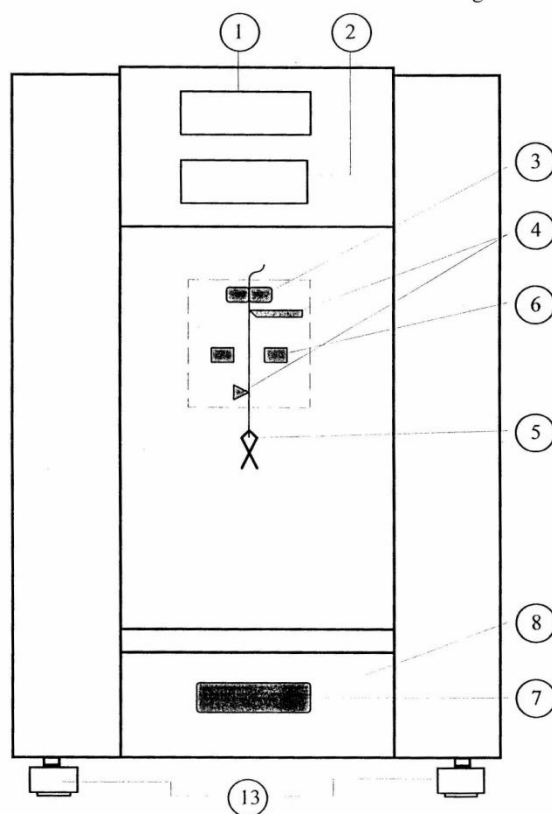
3.3 Popis použitých měřicích zařízení

3.3.1 Vibroskop a Vibrodyn

Vibroskop 400

Vibroskop 400 je přístroj na měření jemnosti jednotlivých vláken. Funguje na principu vibrační metody. Jednotlivá zkoumaná vlákna jsou vystavena vibracím při rezonanční frekvenci. Každé měřené vlákno musí být vybaveno předpětím, které odpovídá jeho jemnosti. Podle rezonanční frekvence a předpětí je automaticky zjištěna jeho délková hmotnost, známá také jako jemnost vlákna měřená v jednotkách decitex [dtex]. [19, 21, 24]

Na následujícím obrázku (3.7) je znázorněno schéma přístroje Vibroskop 400:



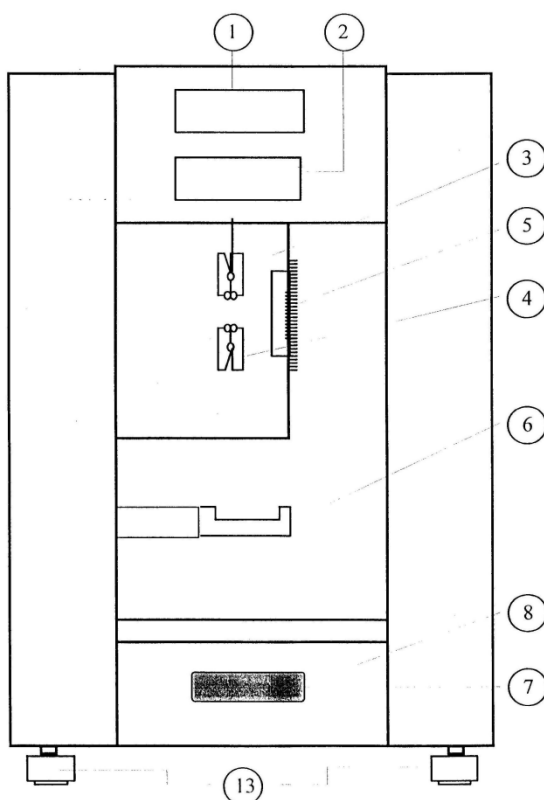
Obrázek 3.7 Schéma přístroje Vibroskop 400 [21]

- (1) digitální displej zobrazující předpětí, (2) displej zobrazující jemnost vláken,
(3) čelist, (4) zafixování vláken, (5) předpětí, (6) čidla, (7) spouštěcí tlačítko,
(8) zásuvka s napětím, (13) nastavitelný podstavec

Vibrodyn 400

Vibrodyn 400 je přístroj určený na trhací zkoušku jednotlivých vláken, je zde měřena jejich pevnost a tažnost. Proměřovaná vlákna jsou sevřena dvěma čelistmi ovládanými elektromagnetickou silou. Vrchní čelist je pevná, spojená s měřicím zařízením a spodní čelist je pohyblivá poháněna motorovým pohonem. Vibrodyn 400 je vybaven digitálními displeji, které zobrazují sílu, jež je udávána v centinewtonech [cN]. Druhý displej zobrazuje prodloužení vláken, které je udáváno v procentech [%] nebo v milimetrech [mm]. [20, 22]

Na obrázku 3.8 je zobrazeno schéma přístroje Vibrodyn 400 :



Obrázek 3.8 Schéma přístroje Vibrodyn 400 [22]

- (1) digitální displej prodloužení, (2) digitální displej zobrazující sílu,
(3) vrchní čelist, (4) spodní čelist, (5) čidlo spodní čelisti, (6) zařízení
pro testování vláken v mokrém stavu, (7) Tlačítko pro zhotovení všech
automatických testů, (8) zásuvka pro klávesnici a datový displej,
(13) nastavitelný podstavec

Měřicí přístroj Vibroskop 400 je spojen s dynamometrem Vibrodyn 400. Tyto přístroje jsou doplněny počítačem, jehož software umožňuje statistické vyhodnocení jemnosti, pevnosti a tažnosti a současně je zobrazována pracovní křivka jednotlivých vláken. Sestavení těchto přístrojů je zobrazeno na obrázku 3.9.



Obrázek 3.9 Vibroskop 400, Vibrodyn 400 a výpočetní technika [19]

Ze zkoumaných vzorků celulóзовých vláken byl vždy odebrán malý chomáček vláken. Z něj byla na černé sametové podložce vytahována pomocí pinzety jednotlivá vlákna, která byla jedno za druhým proměřována. Pro statistické zpracování poměrné pevnosti a tažnosti bylo proměřováno 50 vláken, pro pevnost ve smyčce a v uzlu 10 vláken.

Na každé proměřované vlákno bylo zavěšeno předpětí, které odpovídá jemnosti měřeného vlákna. Vlákno spolu s předpětím se pomocí pinzety vložilo do čelistí Vibroskopu, kde byla změřena jemnost vlákna v decitexech. Poté se vlákno vyjmulo a vložilo se do čelistí Vibrodynu, kde došlo k přetrhu vlákna a zjištění jeho pevnosti a tažnosti.

V následující tabulce je zobrazen přehled měřených vláken s hodnotami použitého předpětí:

Tabulka 3.2 Přehled měřených vláken s odpovídajícím předpětím [21]

vlákno	jemnost	předpětí
Viskóza lesklá	5,5 dtex	300 mg
Viskóza matovaná	1,44 dtex	100 mg
Bambusové vlákno	1,5 dtex	100 mg
Smartcel clima	1,7 dtex	100 mg
Smartel sensitive	2,5 dtex	150 mg
Seacel pure	1,7 dtex	100 mg

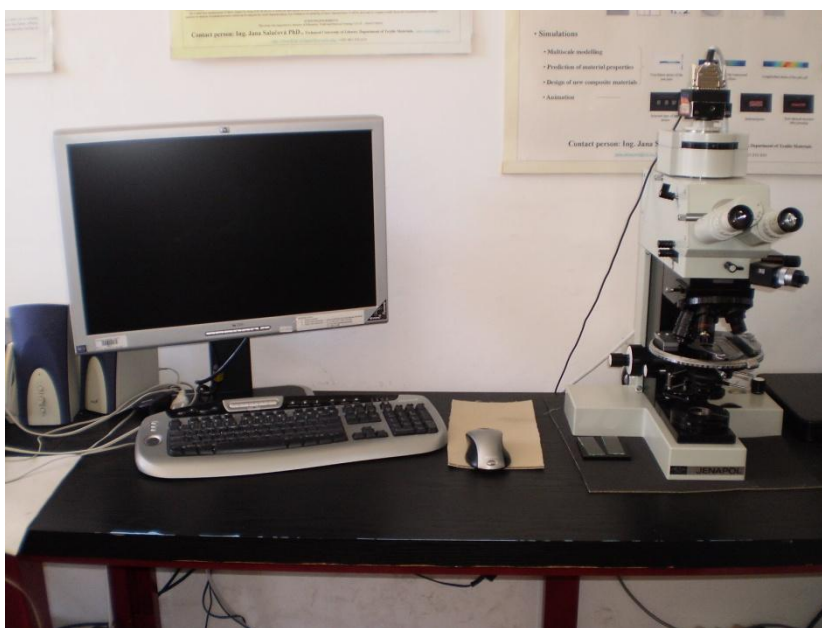
3.3.2 Lucia G

Lucia G je systém od firmy Laboratory Imaging, který je určen na zpracování a analyzování obrazu na základě matematické morfologie. Princip programu Lucia G spočívá v pojetí analyzovaného objektu jako množiny bodů. Systém Lucia G umožňuje zobrazení zkoumaného vzorku na monitoru, jeho výstupní informací je tedy obraz, určený k dalšímu zpracování. Tento obraz je také známý jako mikrofotografie. Během tohoto experimentu bylo proměřeno vždy 50 vláken daného druhu a relativní vlhkosti vzduchu. Z těchto hodnot byly vypočteny průměrné hodnoty průměrů jednotlivých vláken.

Lucia G rozeznává tři základní druhy obrazů:

- **Binární obraz**, který rozeznává dvě možné hodnoty, 0 pro pozadí a 255 pro objekty, jež se používají pro měření tvarů a velikostí.
- **Barevný obraz**, ten se skládá ze tří složek RGB, které představují intenzitu červené, zelené a modré. Hodnoty pixelů se pohybují od 0 do 255. Jde o nejrozšířenější typ obrazu pro systém Lucia G, který je převedený digitální kartou.
- **Šedý obraz** jde o obraz odvozený, jehož hodnoty pixelů se mění od 0 do 255. Šedé obrazy se mohou vytvářet několika transformacemi, například vytažením složek z RGB reprezentace. [27]

Na obrázku (3.10) je znázorněn systém obrazové analýzy Lucia G:



Obrázek 3.10 Měřícího zařízení obrazové analýzy Lucia G

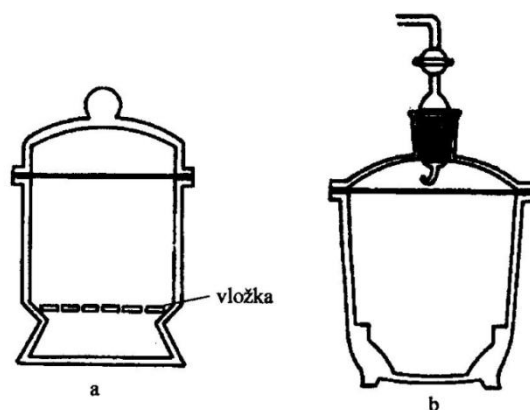
Pomocí obrazové analýzy na systému Lucia G byl zjišťován průměr vláken a jeho změna v různých hodnotách relativní vlhkosti vzduchu (25 %, 45 %, 65 %). Ačkoli vlákna mohla být různě natočena, byl to nejlepší způsob jak průměr vláken změřit.

Pro potřeby tohoto experimentu, byl v softwaru Lucia G zvolen barevný obraz. Abychom předešli případnému nabobtnání celulóзовých vláken, která byla proměřována a nedošlo tak ke zkreslení výsledků, byla použita sklíčka na sucho.

3.3.3 Exsikátor

Exsikátor je tlustostěnná skleněná nádoba, sloužící v laboratořích k vysoušení preparátů nebo ke krátkodobému uchování látek v suchém stavu. Je složena ze dvou dílů, víka a spodní mísy. Víko je opatřeno zábrusem, namazané zábrusovým tukem. Jako vysoušecí látky v exsikátoru se používají hygroscopické látky, které dobře pohlcují vlhkost. Nejčastěji je používán silikagel, který má velkou sušící kapacitu a lehko se regeneruje. Nad silikagelem v exsikátoru je umístěna porcelánová vložka, na kterou se kladne nádoba s látkou. [26]

Na obrázku 3. 11 jsou znázorněny 2 typy exsikátorů.



Obrázek 3. 11 Exsikátory: a – Scheiblerův; b- vakuový [26]

Na obrázku 3. 12 je znázorněn skleněný exsikátor s perforovanou deskou, který byl v rámci experimentu používán.



Obrázek 3. 12 Skleněný exsikátor [31]

Pomocí exsikátoru byla měřená vlákna klimatizována po dobu 24 hodin na požadovanou vlhkost. Pro snižování obsahu vlhkosti na 25 % byl použit silikagel. Silikagel je granulovitá, pórovitá forma oxidu křemičitého (SiO_2), který pohlcuje vlhkost ze vzduchu. Zvýšení vlhkosti na 65 % bylo docíleno pomocí vodných nasycených roztoků soli. V našem případě byl použit bromid sodný (NaBr).

4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUZE

V této části bakalářské práce jsou zobrazeny výsledky experimentu, které byly zkoumány na měřicích přístrojích na katedře textilních materiálů.

4.1 Měření pevnosti vláken

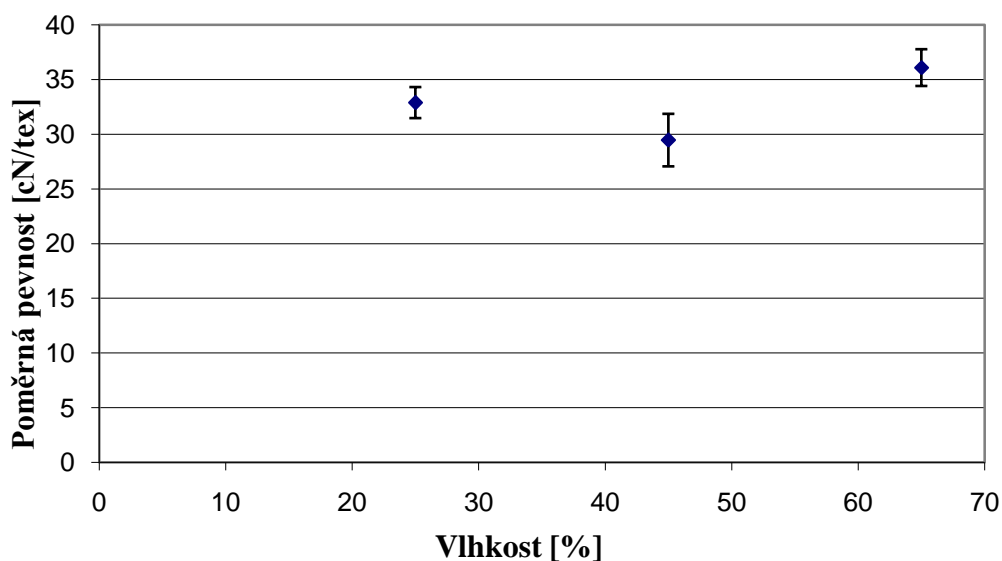
Pevnost jednotlivých vláken byla proměřována přístrojem Vibrodyn 400. Pro statistické zpracování dat bylo proměřováno 50 jednotlivých vláken při vlhkostech 25 %, 45 % a 65 %. Souhrn měřených vláken je uveden v tabulce 3.1 (str. 26). Upínací délka byla stanovena na 20 milimetrů. Přehled použitého předpětí jednotlivých vláken v tomto experimentu je znázorněn v tabulce 3.2 (str. 33). Měření pevnosti jednotlivých vláken na Vibrodynu probíhalo v souladu s normou ČSN EN ISO 5079 Textilie – Vlákná – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých vláken při přetrhu.

Na následujících tabulkách jsou zobrazeny naměřené a vypočtené hodnoty poměrné pevnosti měřených vláken. Pro přehlednost byly tabulky vytvořeny podle druhů zkoumaných vláken. Každá tabulka obsahuje průměrné hodnoty dosažených pevností, směrodatné odchylky, variační koeficient, minima a maxima dosažených poměrných pevností a 95 % IS.

Seacel pure

Tabulka 4.1.1 Seacel pure – naměřené hodnoty pevnosti

Seacel pure			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměrná poměrná pevnost [cN/tex]	32,89	29,46	36,09
Směrodatná odchylka [cN/tex]	4,91	8,35	5,83
Variační koeficient [%]	14,92	28,34	16,15
Minimum	22,44	11,84	23,92
Maximum	43,55	45,32	46,24
95 % IS	<31,47;34,31>	<27,06;31,86>	<34,41;37,77>



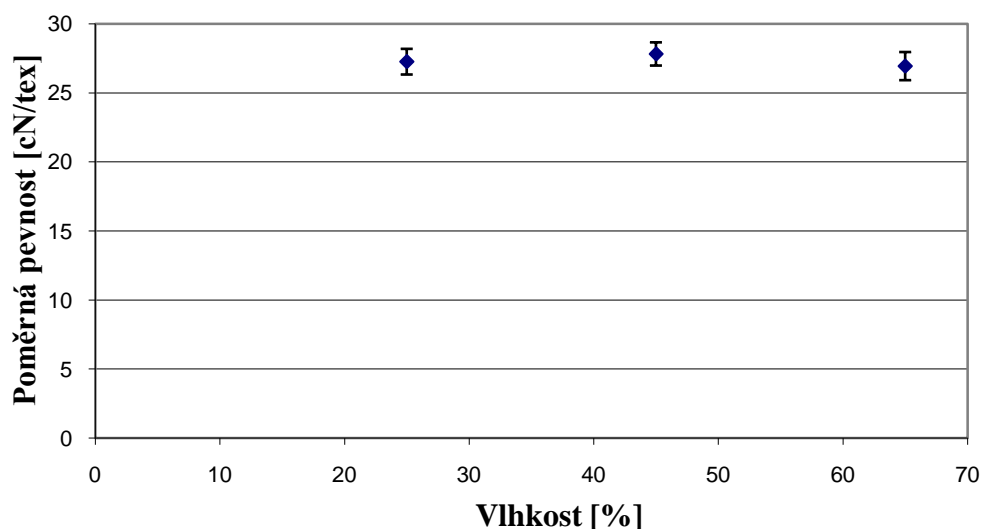
Obrázek 4.1.1 Seacel pure – pevnost vláken

Na obrázku č. 4.1.1 je znázorněna poměrná pevnost vlákna seacel pure měřených ve vlhkostech vzduchu 25 %, 45 % a 65 %. Z tohoto grafu je patrné, že největší poměrnou pevnost vlákno dosahuje při 65% relativní vlhkosti vzduchu, naopak nejmenší poměrnou pevnost vlákno dosahuje při vlhkosti 45 %.

Smartcel clima

Tabulka 4.1.2 Smartcel clima – naměřené hodnoty pevnosti

Smartcel clima			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměrná poměrná pevnost [cN/tex]	27,26	27,82	26,94
Směrodatná odchylka [cN/tex]	3,2	2,9	3,54
Variační koeficient [%]	11,73	10,42	13,14
Minimum	19,52	21,68	18,65
Maximum	36,77	33,35	33,02
95 % IS	<26,33;28,19 >	<26,98;28,66>	<25,92;27,96 >



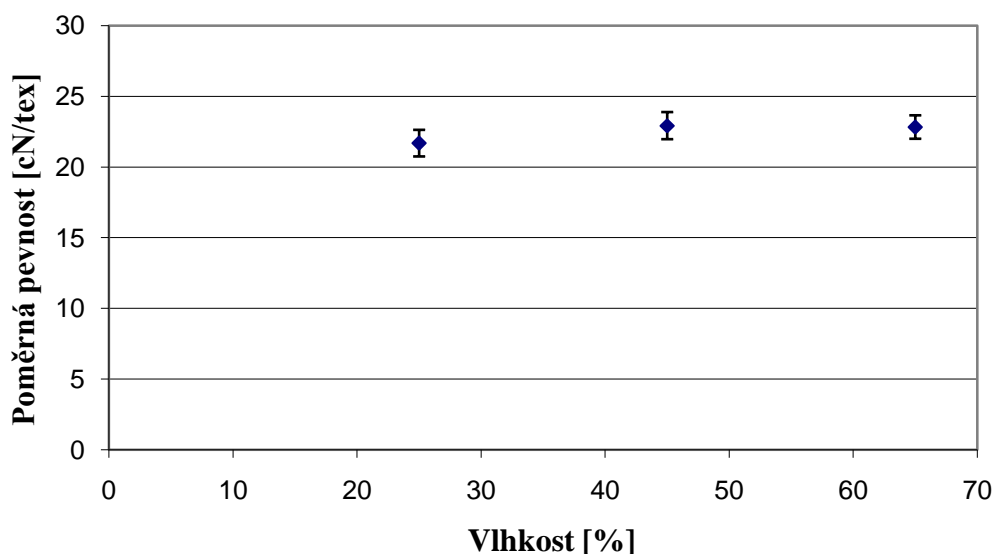
Obrázek 4.1.2 Smartcel clima – pevnost vláken

Na obrázku č. 4.1.2 je znázorněna poměrná pevnost vlákna smartcel sensitive v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu. Z grafu vyplývá, že největší pevnosti dosahuje vlákno při 45 % vlhkosti, naopak nejmenší pevnost vlákna je zjištěna při 65 %. Ovšem rozdíly mezi naměřenými hodnotami relativní pevnosti vláken jsou minimální.

Smartcel sensitive

Tabulka 4.1.3 Smartcel sensitive – naměřené hodnoty pevnosti

Smartec sensitive			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměrná poměrná pevnost [cN/tex]	21,68	22,92	22,82
Směrodatná odchylka [cN/tex]	3,28	3,32	2,9
Variační koeficient [%]	15,12	14,48	12,71
Minimum	15,81	14,16	15,54
Maximum	30,61	29,96	29,04
95 % IS	<20,74;22,62 >	<21,96;23,88 >	<21,99;23,65 >



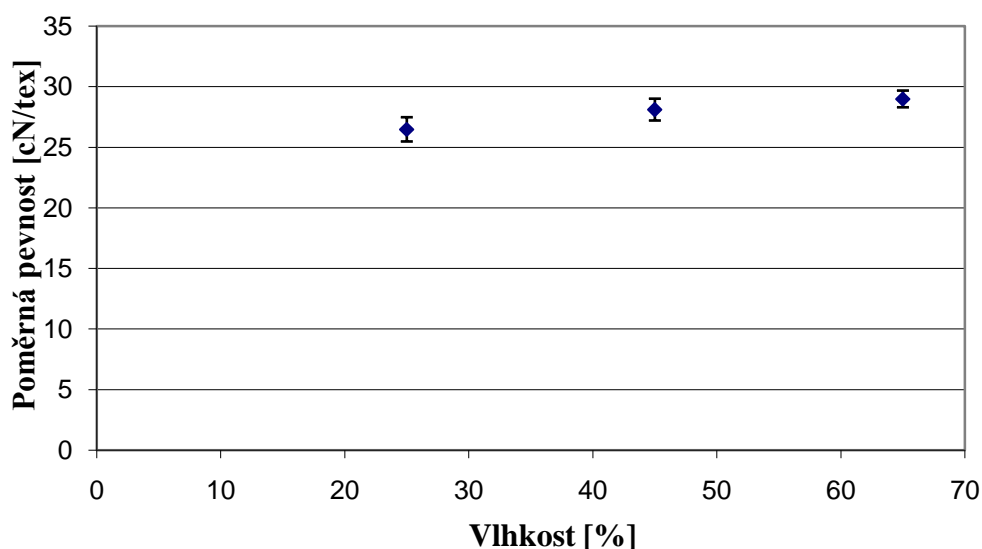
Obrázek 4.1.3 Smartcel sensitive - pevnost vláken

Poměrná pevnost vlákna smartcel sensitive, vyobrazená na obrázku č. 4.1.3 ukazuje, že největší pevnosti je dosaženo při 45 % relativní vlhkosti vzduchu, naopak nejmenší byla experimentem zjištěna při 25 %.

Bambusová vlákna

Tabulka 4.1.4 Bambusová vlákna – naměřené hodnoty pevnosti

Bambusová vlákna			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměrná poměrná pevnost [cN/tex]	26,46	28,09	28,97
Směrodatná odchylka [cN/tex]	3,48	3,12	2,37
Variační koeficient [%]	13,15	11,11	8,18
Minimum	18,68	17,32	24,24
Maximum	31,29	32,75	33,88
95 % IS	<25,46;27,46 >	<27,19;28,99 >	<28,28;29,66 >



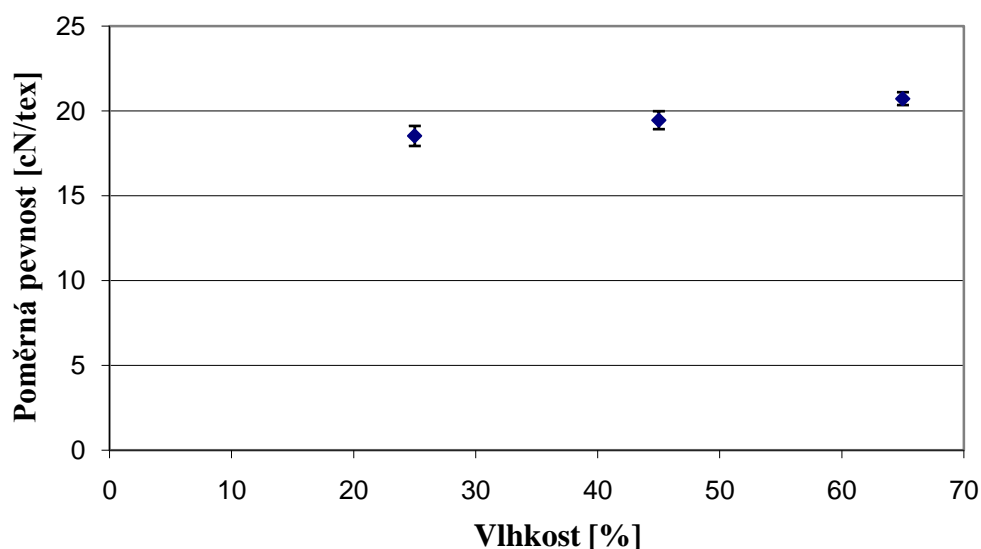
Obrázek 4.1.4 Bambusová vlákna – pevnost vláken

Pro bambusová vlákna byla největší poměrná pevnost změřená při relativním obsahu vlhkosti vzduchu 65 %. Při obsahu 25 % vlhkosti vzduchu byla experimentem změřená nejmenší poměrná pevnost vláken. Toto tvrzení vyplývá z naměřených hodnot uvedených v tabulce 4.1.4.

Viskóza lesklá

Tabulka 4.1.5 Viskóza lesklá – naměřené hodnoty pevnosti

Viskóza lesklá			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměrná poměrná pevnost [cN/tex]	18,51	19,44	20,71
Směrodatná odchylka [cN/tex]	2,05	1,85	1,33
Variační koeficient [%]	11,07	9,51	6,42
Minimum	14,6	15,01	16,39
Maximum	22,13	22,16	22,79
95 % IS	<17,92;19,1>	<18,91;19,97>	<20,33;21,09>



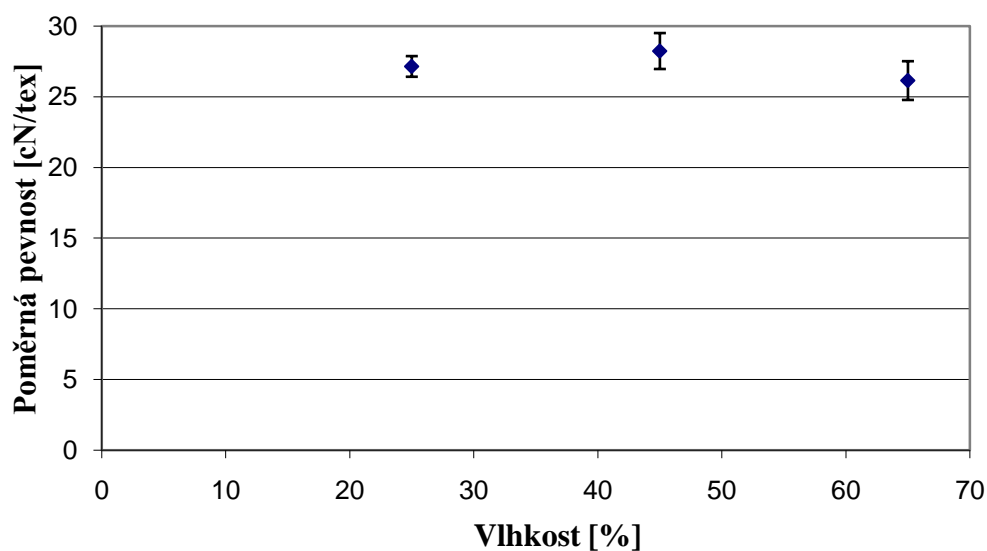
Obrázek 4.1.5 Viskóza lesklá – pevnost vláken

Na obrázku č. 4.1.5 je znázorněna poměrná pevnosti viskóзовého vlákna v závislosti na vlhkosti. Z tohoto grafu je patrné, že největší poměrné pevnosti pro tyto vlákna bylo dosaženo při relativní vlhkosti 65 %. Naopak nejmenší byla změřena pro vlhkost 25 %.

Viskóza matovaná

Tabulka 4.1.6 Viskóza matovaná – naměřené hodnoty pevnosti

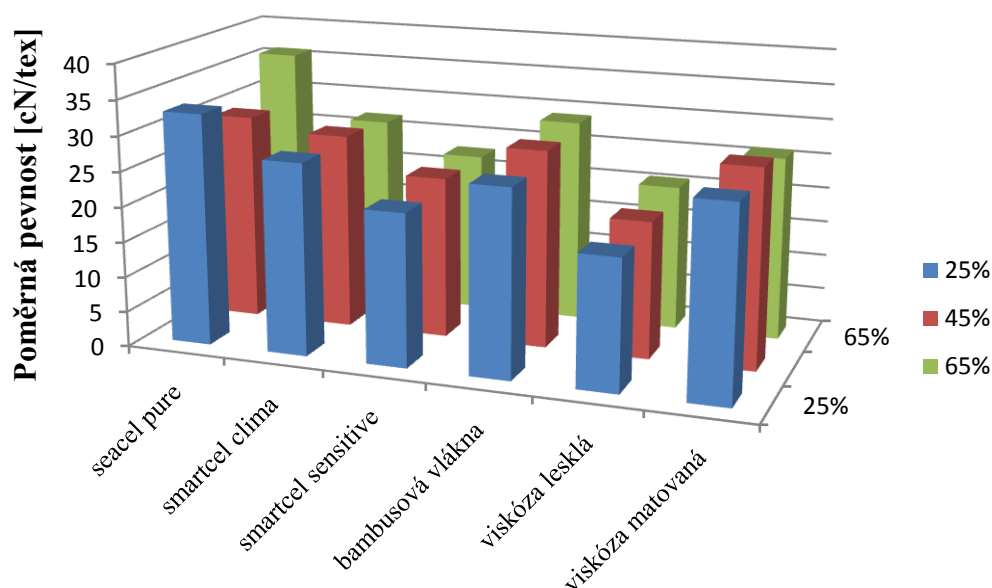
Viskóza matovaná			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměrná poměrná pevnost [cN/tex]	27,13	28,22	26,13
Směrodatná odchylka [cN/tex]	2,52	4,39	4,77
Variační koeficient [%]	9,28	15,55	18,25
Minimum	21,84	18,19	14,61
Maximum	32,91	40,83	36,79
95 % IS	<26,4;27,86>	<26,95;29,49>	<24,76;27,5>

*Obrázek 4.1.6 Viskóza matovaná – pevnost vláken*

Na obrázku výše je možné sledovat poměrnou pevnost viskózy matované. Při měření byla naměřena největší poměrná pevnost vlákna při 45 % relativní vlhkosti vzduchu, naopak nejnižší při 65 %.

Souhrnný graf poměrných pevností

Na následujícím obrázku jsou znázorněny souhrnné výsledky měření poměrné pevnosti všech šesti měřených vzorků vláken při stupních vlhkosti 25 %, 45 % a 65 %.



Obrázek 4.1.7 Získané hodnoty měřených vzorků

Na obrázku 4.1.7 jsou zobrazeny experimentem získaná data poměrné pevnosti závislé na relativní vlhkosti všech šesti proměřovaných vzorků. Z grafu je viditelné, že nejlepší poměrnou pevnost mají vlákna seacel pure a to dokonce ve všech měřených vlhkostech. Naopak nejnižší poměrná pevnost v tomto experimentu byla naměřena u vláken viskózy lesklé a u vlákna smartcel sensitive. V obou případech to mohlo být způsobeno vyšší jemností vláken ve srovnání s ostatními testovanými vlákny. Výsledky hodnot pevností vláken smartcel clima, bambusových vláken i viskózy matované jsou poměrně stejné.

Sledováním pevností při jednotlivých vlhkostech vzduchu nelze jednoznačně určit růst nebo pokles pevnosti pro všechna vlákna. Při relativní vlhkosti vzduchu 25 % lze sledovat nárůst pevnosti pouze u vlákna seacel pure. Snížením vlhkosti u ostatních vláken se snížila i hodnota poměrné pevnosti. Na druhou stranu u vláken klimatizovaných na 65 % vlhkosti vzduchu, kdy má pevnost těchto vláken klesat, je patrný nárůst poměrné pevnosti u vláken seacel pure, bambusových vláken a viskózy lesklé. To mohlo být způsobeno vnitřní strukturou vláken nebo dloužením vláken při výrobě.

4.2 Měření pevnosti vláken v uzlu

Poměrná pevnost v uzlu byla měřena na přístroji Vibrodyn 400. Bylo zde proměřováno 10 vláken, na kterých byl vytvořen uzel. Stejně jako u proměřování poměrné pevnosti vláken, tak i zde byla vlákna opatřena odpovídajícím předpětím. Pomocí pinzety byla vlákna spolu s předpětím vkládána do čelistí přístroje, který provedl trhačí zkoušku.

V následujících tabulkách jsou uvedeny experimentem zjištěné hodnoty. Každému měřenému vláknu připadá tabulka, ve které jsou uvedeny hodnoty průměrné poměrné pevnosti v uzlu, směrodatné odchylky, variačního koeficientu, minima a maxima měřených hodnot a příslušný interval spolehlivosti. To vše při stanovených vlhkostech vzduchu 25 %, 45 % a 65 % vzduchu.

Tabulka 4.2.1 Seacel pure – naměřené hodnoty pevnosti v uzlu

Seacel pure			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměr [cN/tex]	14,64	22,95	21,04
Směrodatná odchylka [cN/tex]	3,86	6,3	3,56
Variační koeficient [%]	26,36	27,45	16,92
Minimum	6,88	15,19	16,27
Maximum	20,68	31,7	26,48
95 % IS	<11,88;17,4>	<18,45;27,45>	<18,5;23,58>

Tabulka 4.2.2 Smartcel clima – naměřené hodnoty pevnosti v uzlu

Smartcel clima			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměr [cN/tex]	12,47	18,98	12,25
Směrodatná odchylka [cN/tex]	1,92	3,5	2,69
Variační koeficient [%]	15,39	18,44	21,95
Minimum	8,33	14,81	8,95
Maximum	14,94	25,81	17,65
95 % IS	<11,09;13,85>	<16,48;21,48>	<10,33;14,17>

Tabulka 4.2.3 Smartcel sensitive – naměřené hodnoty pevnosti v uzlu

Smartcel sensitive			
	25 %	45 %	65 %
Průměr [cN/tex]	9,82	8,9	10,55
Směrodatná odchylka [cN/tex]	1,53	1,99	1,63
Variační koeficient [%]	15,58	22,35	15,45
Minimum	7,5	3,95	7,83
Maximum	12,09	10,67	13,52
95 % IS	<8,73;10,91>	<7,47;10,33>	<9,39;11,71>

Tabulka 4.2.4 Bambusová vlákna – naměřené hodnoty pevnosti v uzlu

Bambusová vlákna			
	25 %	45 %	65 %
Průměr [cN/tex]	15,88	13,81	15,96
Směrodatná odchylka [cN/tex]	2,3	4,02	1,76
Variační koeficient [%]	14,48	29,1	11,02
Minimum	11,52	6,93	13,8
Maximum	19,41	20,17	19,3
95 % IS	<14,23;17,53>	<10,93;16,69>	<14,7;17,22>

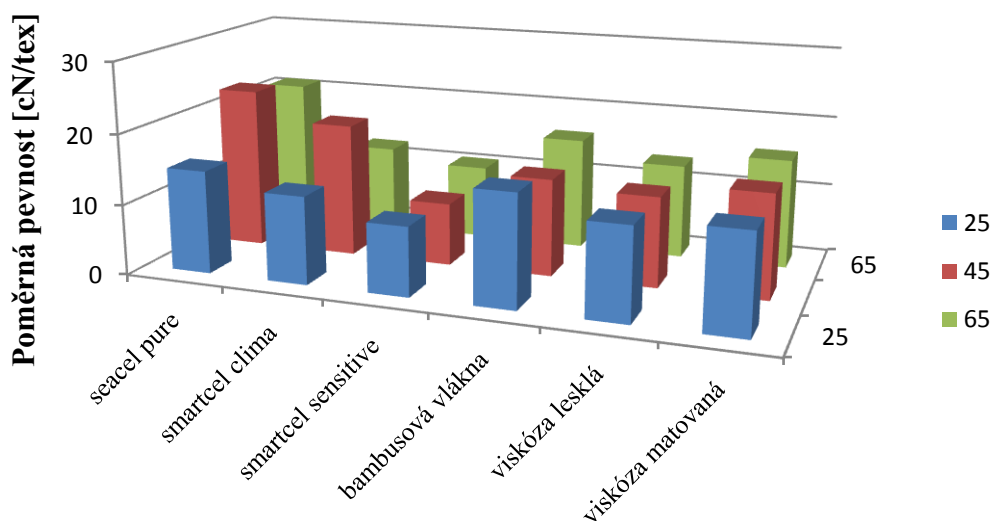
Tabulka 4.2.5 Viskóza lesklá – naměřené hodnoty pevnosti v uzlu

Viskóza lesklá			
	25 %	45 %	65 %
Průměr [cN/tex]	13,09	12,77	13,4
Směrodatná odchylka [cN/tex]	1,78	1,26	1,02
Variační koeficient [%]	13,59	9,86	7,61
Minimum	9,15	11,16	11,26
Maximum	15,09	14,71	14,24
95 % IS	<11,81;14,37>	<11,87;13,67>	<12,93;13,87>

Tabulka 4.2.6 Viskóza matovaná – naměřené hodnoty pevnosti v uzlu

Viskóza matovaná			
	25 %	45 %	65 %
Průměr [cN/tex]	13,96	14,7	15,52
Směrodatná odchylka [cN/tex]	2,55	1,58	2,15
Variační koeficient [%]	18,26	10,74	13,85
Minimum	8,95	12,3	13,36
Maximum	16,95	17,14	19,16
95 % IS	<12,13;15,79>	<13,57;15,83>	<13,98;17,06>

Na následujícím obrázku je zobrazen souhrnný graf s naměřenými poměrnými pevnostmi vláken v uzlu při stanovených vlhkostech vzduchu 25 %, 45 % a 65 %.



Obrázek 4.2.1 Souhrn naměřených hodnot poměrné pevnosti v uzlu

Z grafu na obrázku 4.2.1 je patrné, že největší poměrné pevnosti v uzlu při různých vlhkostech. Největší poměrné pevnosti dosahuje vlákno seacel pure při relativní vlhkosti 45 %. Jeho poměrná pevnost byla naměřena 22,95 cN/tex. Nejmenší poměrná pevnost byla zaznamenána u vlákna smartcel sensitive při 45% relativní vlhkosti vzduchu, které náleží hodnota 8,9 cN/tex.

Stejně jako u souhrnného grafu poměrné pevnosti vláken (viz obr. 4.1.7), i zde nelze jednoznačně říci, že pevnost vlákna v uzlu by s rostoucí vlhkostí klesala. Tuto podmínku při 65 % vlhkosti vzduchu splňují pouze vlákna seacel pure a smartcel clima. U ostatních vláken je patrný nárůst poměrné pevnosti.

Při relativní vlhkosti vzduchu 25 % je vidět pokles poměrné pevnosti v uzlu u vláken seacel pure a smartcel clima a v tomto případě i u viskózy matované. Příčinou zde může být snížení počtu vodíkových můstků způsobený vysušením vlákna, čímž mohlo dojít k snadnějšímu přetrhu vlákna.

4.3 Měření pevnosti vláken ve smyčce

Proměřování pevnosti ve smyčce probíhalo na měřicím přístroji Vibrodyn 400. Bylo měřeno 10 vzorků od každého vlákna. Stejně jako u předchozích experimentů, i zde byly vzorky vláken měřeny v 25%, 45% a 65% relativní vlhkosti vzduchu. Příprava měřených vzorků na tento experiment byla poněkud náročná. Do předem vyražených rámečků byla vkládána smyčka, která byla následně připevněna lepidlem.

Před vložením vzorků do čelistí stroje byla rozstříhnuta jedna část bočního rámečku. Pomocí pinzety se vzorek vložil do vrchní čelisti přístroje. Před uzavřením spodní čelisti byla rozstříhnuta i druhá boční část rámečku. Zbývající spodní část rámečku byla sevřena ve spodní čelisti.

V následujících tabulkách jsou uvedeny naměřené hodnoty průměrné poměrné pevnosti ve smyčce a k nim spočítané statistické údaje (směrodatná odchylka, variační koeficient, minimální a maximální naměřená hodnota a 95 % IS).

Tabulka 4.3.1 Seacel pure – naměřené hodnoty pevnosti ve smyčce

Seacel pure			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměr [cN/tex]	9,79	8,58	9,34
Směrodatná odchylka	3,06	2,69	1,97
Variační koeficient	31,23	31,36	21,09
Minimum	1,36	1,75	1,71
Maximum	4,17	3,19	3,29
95 % IS	<7,61;11,98 >	<6,66;10,5 >	<7,92;10,73>

Tabulka 4.3.2 Smartcel clima – naměřené hodnoty pevnosti ve smyčce

Smartcel clima			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměr [cN/tex]	6,41	6,17	7,79
Směrodatná odchylka	3,33	1,03	1,71
Variační koeficient	51,84	16,61	22,04
Minimum	0,32	1,81	1,7
Maximum	4,31	2,85	4,01
95 % IS	<4,03;8,78>	<5,43;6,9>	<6,57;9,02>

Tabulka 4.3.3 Smartcel sensitive – naměřené hodnoty pevnosti ve smyčce

Smartcel sensitive			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměr [cN/tex]	3,93	4,37	5,57
Směrodatná odchylka	1,71	0,38	1,27
Variační koeficient	43,69	8,73	22,84
Minimum	0,44	1,87	1,71
Maximum	3,03	2,52	3,69
95 % IS	<2,7;5,15>	<4,1;4,64>	<4,66;6,45>

Tabulka 4.3.4 Bambusová vlákna – naměřené hodnoty pevnosti ve smyčce

Bambusová vlákna			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměr [cN/tex]	6,92	6,78	9,34
Směrodatná odchylka	2,04	1,49	2,26
Variační koeficient	29,51	22,01	24,16
Minimum	1,31	1,32	1,83
Maximum	3,16	2,61	3,64
95 % IS	<5,45;8,37>	<5,72;7,84>	<7,73;10,95>

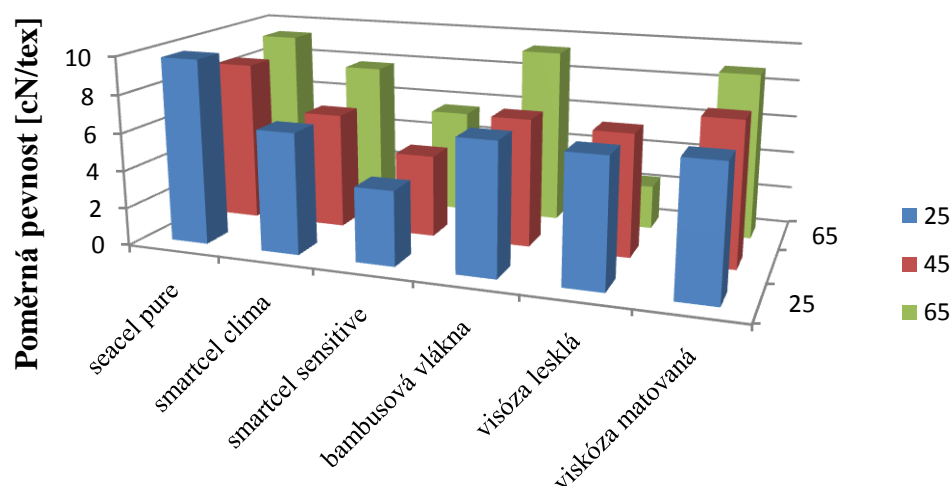
Tabulka 4.3.5 Viskóza lesklá – naměřené hodnoty pevnosti ve smyčce

Viskóza lesklá			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměr [cN/tex]	6,67	6,49	2,34
Směrodatná odchylka	1,51	1,17	0,48
Variační koeficient	22,61	18,02	20,59
Minimum	4,8	5,9	1,82
Maximum	11,17	9,65	3,71
95 % IS	<5,59;7,51>	<5,65;7,32>	<1,99;2,68>

Tabulka 4.3.6 Viskóza matovaná – naměřené hodnoty pevnosti ve smyčce

Viskóza matovaná			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Průměr [cN/tex]	6,88	7,61	8,84
Směrodatná odchylka	1,17	1,82	1,82
Variační koeficient	17,11	23,91	20,59
Minimum	1,65	1,2	1,82
Maximum	2,27	3,03	3,71
95 % IS	<6,04;7,72>	<6,31;8,91>	<7,54;10,14>

Na následujícím obrázku je zobrazen graf, ve kterém jsou vyznačeny naměřené průměrné hodnoty poměrných pevností vláken ve smyčce. Na grafu je dobře viditelné, které vlákno dosáhlo nejlepší pevnosti ve smyčce a naopak u kterého byla naměřena nejmenší hodnota poměrné pevnosti ve smyčce.



Obrázek 4.3.1 Souhrn naměřených hodnot poměrné pevnosti ve smyčce

Z hodnot uvedených v tabulkách 4.3.1 – 4.3.6 a z grafu zobrazeného na obrázku 4.3.1 vyplynulo, že největší poměrná pevnost ve smyčce byla naměřena u vláken seacel pure při relativní vlhkosti vzduchu 25 %. Tato hodnota dosáhla 9,79 cN/tex. Nejmenší poměrné pevnosti bylo naměřeno u viskózy lesklé, kde se jednalo o hodnotu 2,34 cN/tex. Tato naměřená hodnota byla taktéž naměřena při relativní vlhkosti vzduchu 65 %.

Z grafu lze vypořizovat, že zvýšením relativní vlhkosti vzduchu na 65 %, kdy má poměrná pevnost vláken klesat, i v tomto případě roste. Pokles je patrný pouze u viskózy lesklé. Chyba v tomto případě mohla vzniknout při přípravě vzorků pro experiment. Během zalepování smyček vláken do vyražených rámečků mohlo lepidlo vniknout do struktury vlákna a výrazně tím ovlivnit měření. Při relativní vlhkosti vzduchu 25 % je vidět pokles pevnosti u vláken smartcel sensitive a viskózy matované.

4.4 Měření tažnosti vláken

Hodnoty tažnosti byla proměřována zároveň s měřením pevnosti na přístroji Vibrodyn 400. Bylo proměřováno 50 vzorků vláken s upínací délkou 20 mm. Jednotlivá vlákna byla spolu s předpětím vkládána do čelistí přístroje, kde došlo k přetrhu vlákna a zjištění jeho tažnosti.

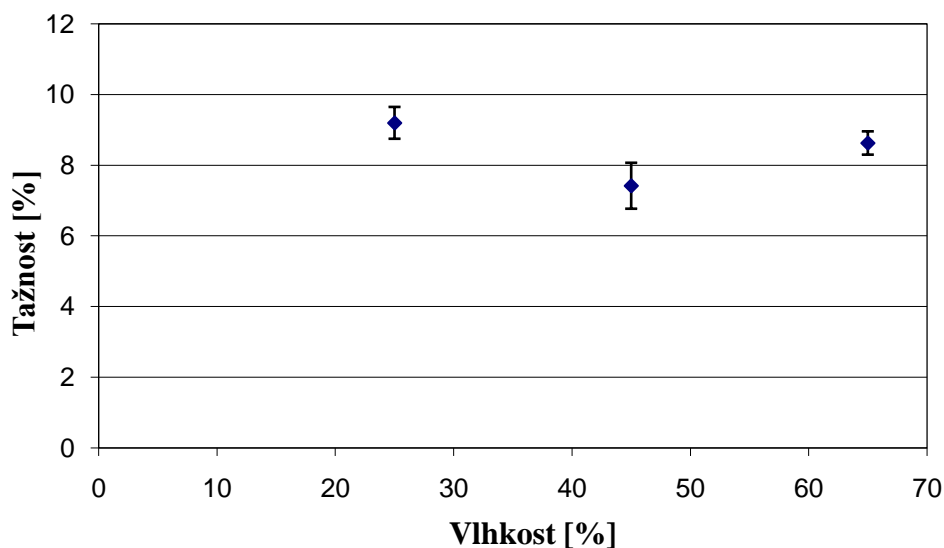
V následujících tabulkách jsou uvedeny naměřené a vypočtené hodnoty tažnosti měřených vzorků vláken. Pro přehlednost byly tabulky vytvořeny podle druhů vláken.

V každé tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty tažnosti každého druhu vláken, směrodatná odchylka, variační koeficient, minima a maxima dosažených tažností a 95 % IS.

Seacel pure

Tabulka 4.4.1 Seacel pure – naměřené hodnoty pro tažnost

Seacel pure			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Tažnost [%]	9,19	7,41	8,62
Směrodatná odchylka [%]	1,57	2,23	1,16
Variační koeficient [%]	17,08	30,09	13,45
Minimum	6,2	2,6	5,6
Maximum	14,1	10,9	11,1
Interval spolehlivosti	<8,74;9,64>	<6,76;8,06>	<8,29;8,95>



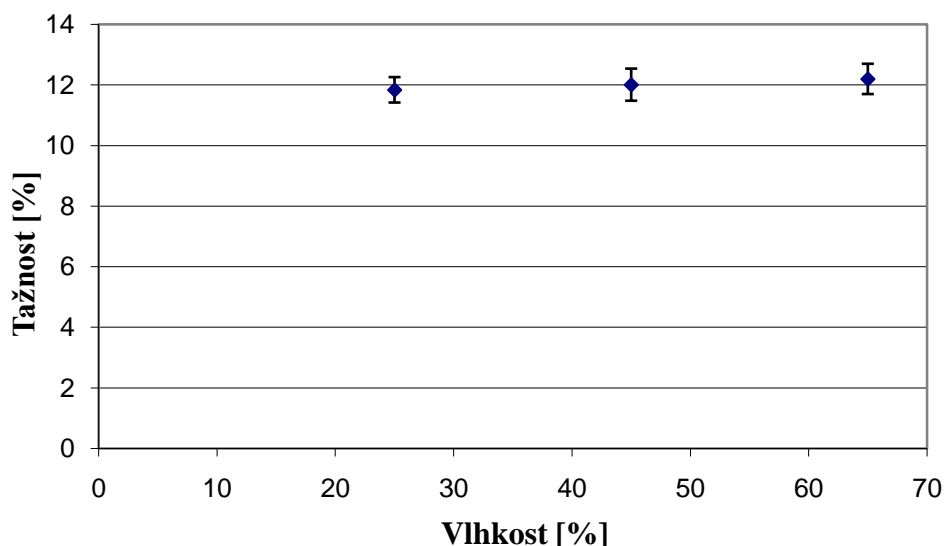
Obrázek 4.4.1 Seacel pure – tažnost vláken

Na obrázku 4.4.1 je znázorněna tažnost vlákna seacel pure v závislosti na vlhkosti vzduchu. Nejvyšší tažnost dosáhlo vlákno seacel pure při 25% vlhkosti. Nejnižší hodnota byla naměřena při vlhkosti 45 %.

Smartcel clima

Tabulka 4.4.2 Smartcel clima – naměřené hodnoty pro tažnost

Smartcel clima			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Tažnost [%]	11,83	12	12,19
Směrodatná odchylka [%]	1,44	1,83	1,72
Variační koeficient [%]	12,17	15,25	14,1
Minimum	8,4	6,9	6,2
Maximum	15,1	15,4	15,4
Interval spolehlivosti	<11,41;12,25>	<11,47;12,53>	<11,69;12,69>



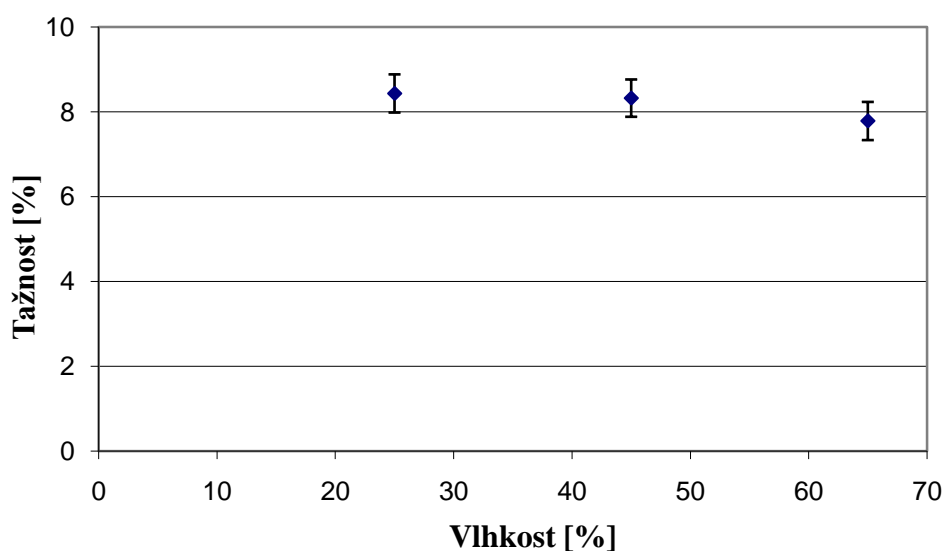
Obrázek 4.4.2 Smartcel clima – tažnost vláken

Na obrázku 4.4.2 je možné shlédnout průměrnou tažnost vlákna smartcel clima. U tohoto vlákna byla nejvyšší průměrná tažnost změřena v 65% vlhkosti a nejnižší bylo dosaženo při vlhkosti 25 %. Rozdíly mezi změřenou tažnostmi vláken v požadovaných vlhkostech jsou v tomto případě minimální.

Smartcel sensitive

Tabulka 4.4.3 Smartcel sensitive – naměřené hodnoty pro tažnost

Smartcel sensitive			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Tažnost [%]	8,43	8,32	7,78
Směrodatná odchylka [%]	1,55	1,5	1,57
Variační koeficient [%]	18,38	18,02	20,17
Minimum	4,9	4,4	3,1
Maximum	11,1	11,4	10,7
Interval spolehlivosti	<7,98;8,88>	<7,88;8,76>	<7,33;8,23>



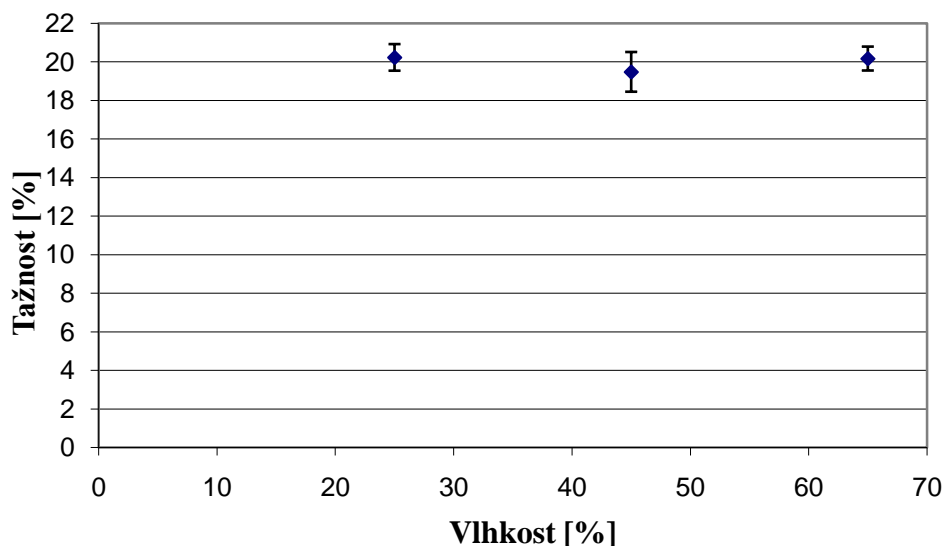
Obrázek 4.4.3 Smartcel sensitive – tažnost vláken

Z grafu uvedeného na obrázku 4.4.3 vyplývá, že vlákno smartcel sensitive dosahuje nejvyšší tažnosti při 25% relativní vlhkosti vzduchu. Naopak nejnižší hodnota tažnosti byla zjištěna při vlhkosti vzduchu 65 %.

Bambusová vlákna

Tabulka 4.4.4 Bambusová vlákna – naměřené hodnoty pro tažnost

Bambusová vlákna			
	25 %	45 %	65 %
Tažnost [%]	20,22	19,47	20,16
Směrodatná odchylka [%]	2,37	3,58	2,15
Variační koeficient [%]	11,72	18,38	10,66
Minimum	14,9	9,4	15,9
Maximum	26,7	24,4	24,2
Interval spolehlivosti	<19,53;20,91>	<18,44;20,5>	<19,54;20,78>



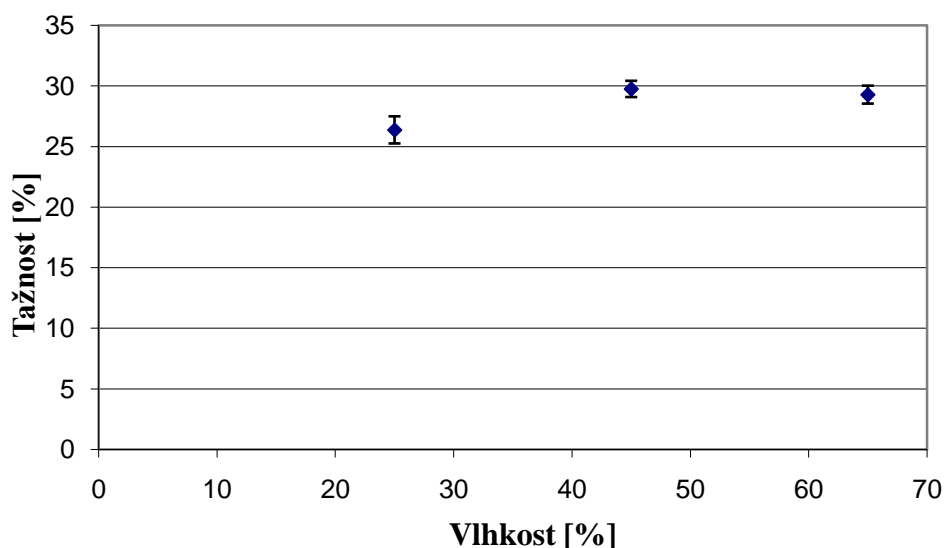
Obrázek 4.4.4 Bambusová vlákna – tažnost vláken

Tažnost bambusových vláken zobrazených v grafu na obrázku 4.4.4 dosahuje nejnižší hodnoty při vlhkosti 45 %. Nejvyšší tažnost mají tyto vlákna měřená při vlhkosti 25 %. Ovšem rozdíl mezi hodnotami změřenými ve 25 % a 65 % vlhkosti je jen několik setin procenta, na grafu je tento rozdíl nepatrný.

Viskóza lesklá

Tabulka 4.4.5 Viskóza lesklá – naměřené hodnoty pro tažnost

Viskóza lesklá			
	25 %	45 %	65 %
Tažnost [%]	26,35	29,73	29,26
Směrodatná odchylka [%]	3,86	2,33	2,56
Variační koeficient [%]	14,64	7,83	8,75
Minimum	18,7	24,2	23,7
Maximum	34,7	35,4	35,4
Interval spolehlivosti	<25,23;27,47>	<29,06;30,4>	<28,52;30>



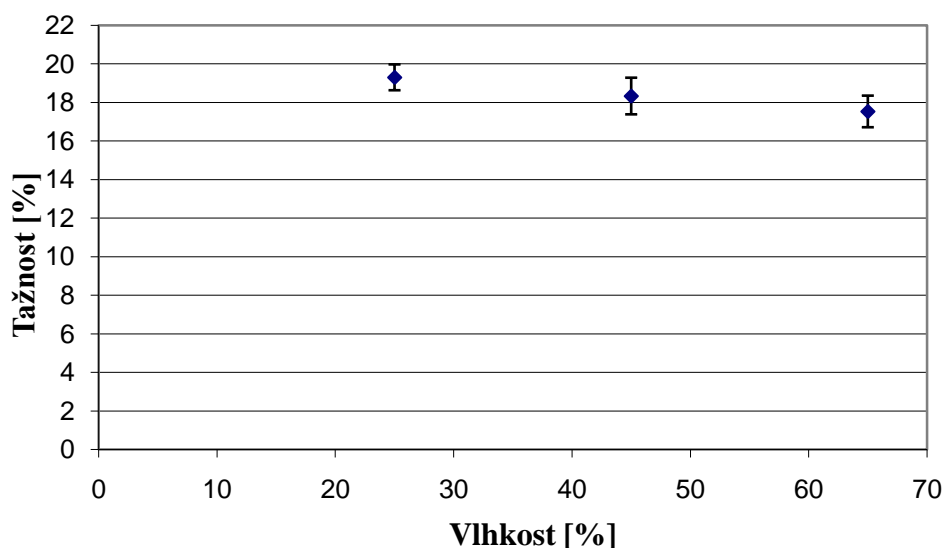
Obrázek 4.4.5 Viskóza lesklá – tažnost vláken

Na obrázku 4.4.5 je znázorněn graf průměrných tažností vláken viskózy lesklé, zjištěné při stanovených hodnotách vlhkosti. Z tohoto grafu můžeme vypožorovat, že nejvyšší naměřená tažnost byla zjištěna při relativní vlhkosti vzduchu 45 %. Nejmenší průměrná tažnost těchto vláken byla změřena při relativní vlhkosti 25 %.

Viskóza matovaná

Tabulka 4.4.6 Viskóza matovaná – naměřené hodnoty pro tažnost

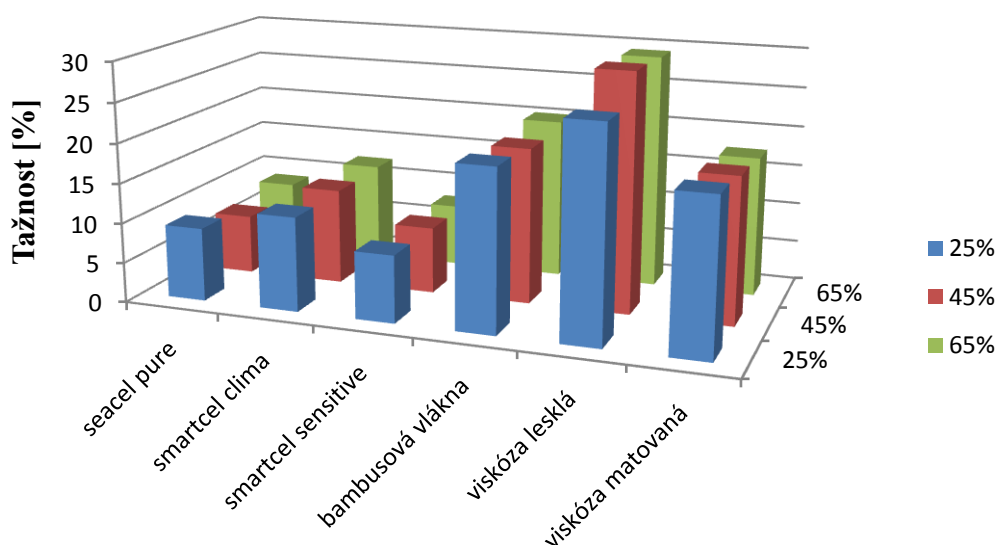
Viskóza matovaná			
	25 %	45 %	65 %
Tažnost [%]	19,29	18,32	17,52
Směrodatná odchylka [%]	2,31	3,3	2,86
Variační koeficient [%]	11,97	18,01	16,32
Minimum	14,4	10,1	11,7
Maximum	23,6	24,1	23,6
Interval spolehlivosti	<18,62;19,96>	<17,37;19,27>	<16,7;18,34>



Obrázek 4.4.6 Viskóza matovaná – tažnost vláken

Na obrázku 4.4.6 jsou vykresleny hodnoty průměrné tažnosti vláken viskózy matované zjištěné experimentem. Z grafu vyplývá, že nejvyšší tažnost dosahuje vlákno při 25% relativní vlhkosti vzduchu. Se zvyšující se vlhkostí tažnost těchto vláken klesá. Nejmenší tažnosti tudíž bylo naměřeno ve vlhkosti 65 %.

Na následujícím obrázku 4.4.7 je znázorněn souhrnný graf průměrných pevností zkoumaných vláken měřených v relativních vlhkostech vzduchu 25 %, 45 % a 65 %.



Obrázek 4.4.7 Souhrnný graf naměřených tažností

Na obrázku 4.4.7 je vykreslen graf naměřených průměrných tažností v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu. Z grafu je patrné, že největší průměrné tažnosti dosáhly vlákna viskózy lesklé a to ve všech zadaných relativních vlhkostech. Příčinou pravděpodobně je nejvyšší hodnota jemnosti této výchozí suroviny. Naopak nejnižší tažnost byla naměřena u vláken seacel pure a smartcel sensitive. To mohlo být způsobeno vyšším krystalickým podílem ve vláknech.

Stejně jako při sledování pevností i v tomto případě není vidět patrný nárůst nebo pokles průměrné tažnosti vláken. Během experimentu nebyla prokázána předpoklad, že s rostoucí pevností klesá tažnost. Naopak při relativní vlhkosti vzduchu 65 % u vláken seacel pure a bambusových vláken s rostoucí pevností vzrostla i tažnost. U viskózy matované se s poklesem pevnosti za mokra tažnost snížila. Stejně tak snížením relativní vlhkosti vzduchu na 25 % se s rostoucí pevností zvýšila tažnost u vlákna seacel pure, poklesem pevnosti u vláken smartcel clima a viskózy lesklé tažnost také klesla.

4.5 Zjišťování průměrů vláken pomocí obrazové analýzy

Průměr vláken byl měřen pomocí obrazové analýzy na přístroji Lucia G. Byly snímány příčné řezy měřených vzorků při 25%, 45% a 65% relativní vlhkosti vzduchu. Cílem tohoto experimentu bylo zjištění změn průměrů vláken. Aby se předešlo případnému nabobtnání zkoumaných vzorků, a tím i nežádoucím změnám průměrů, byly podélné řezy klimatizovaných vláken vyhotoveny na sucho.

K porovnání průměrů vláken získaných z obrazové analýzy byl použit vzorec pro výpočet ekvivalentního průměru vlákna, do kterého byly dosazeny jemnosti získané z přístroje Vibroskop 400. Tyto získané hodnoty byly mezi sebou následně porovnány. Ekvivalentní průměr vláken z plochy je dán vztahem:

$$d_e = \sqrt{\frac{4 \cdot T}{\pi \cdot \rho \cdot 10^6}} \quad (10)$$

kde: d_e ... ekvivalentní průměr vláken z jemnosti [m]

T ... jemnost vláken [tex]

ρ ... hustota vláken [kg/m^3] (pro výpočet byla použita hustota viskózních vláken 1490)

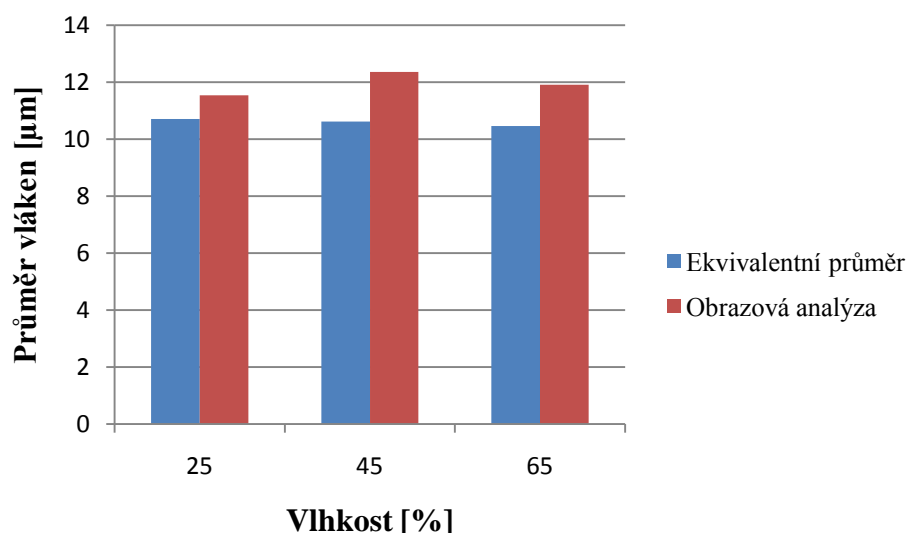
Pomocí tohoto vztahu byl vypočítán ekvivalentní průměr vláken z jemnosti pro jednotlivá vlákna. [30]

Na následující tabulce 4.5.1 je zobrazen přehled získaných hodnot z obrazové analýzy a hodnot přepočtených pomocí vztahu pro ekvivalentní průměr vlákna z jemnosti.

Tabulka 4.5.1 Průměr vláken

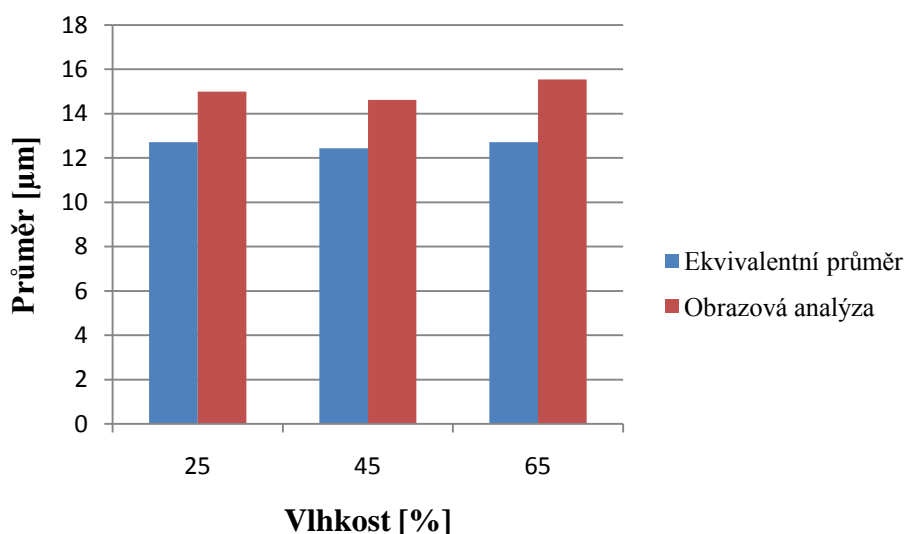
Průměr vláken [μm]						
Relativní vlhkost	25 %		45 %		65 %	
	Ekv. Průměr	Lucia G	Ekv. Průměr	Lucia G	Ekv. Průměr	Lucia G
Seacel pure	10,7	11,54	10,62	12,36	10,46	11,91
Smartcel clima	12,71	15,01	12,44	14,62	12,71	15,55
Smartcel sensitive	14,71	15,93	14,65	15,87	14,53	16,03
Bambusové vlákno	11,77	13,69	11,47	14,19	11,29	12,55
Viskóza lesklá	22,69	26,02	22,33	24,66	22,23	25,43
Viskóza matovaná	11,32	13,78	11,06	13,47	11,44	14,78

Na následujících obrázcích 4.5.1 - 4.5.6 jsou znázorněny grafy vystihující změny průměrů vláken zjištěných obrazovou analýzou a ekvivalentních průměrů vláken vypočtených z jejich jemností při relativních vlhkostech vzduchu 25 %, 45 % a 65 %.



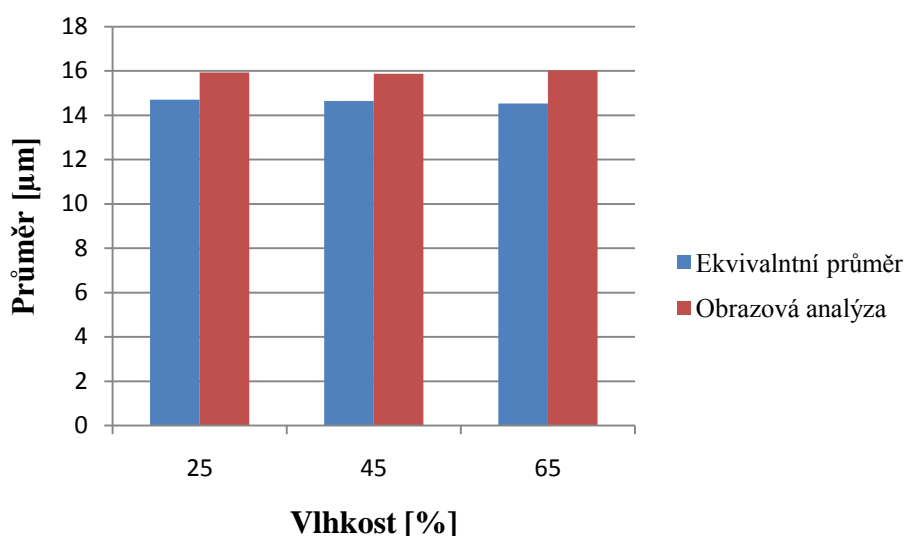
Obrázek 4.5.1 Seacel pure – změna průměru vláken

Na obrázku 4.5.1 je znázorněn průměr vlákna seacel pure zjištěný pomocí obrazové analýzy v porovnání s vypočteným ekvivalentním průměrem vlákna z jemnosti. V obrazové analýze bylo naměřeno největšího průměru vláken při relativní vlhkosti vzduchu 45 %. Nejmenší průměr vláken byl zjištěn při relativné vlhkosti vzduchu 25 %. Ve srovnání se spočítanými hodnotami ekvivalentního průměru se tyto hodnoty poněkud liší. Zde byl vypočítán největší průměr vláken při relativní vlhkosti vzduchu 25 % a nejmenší průměr zde připadá 65 % relativní vlhkosti vzduchu.



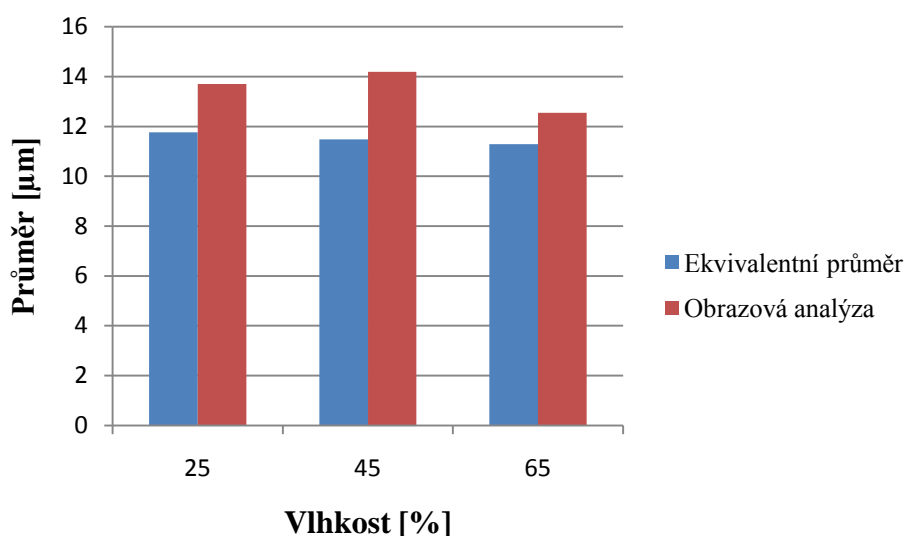
Obrázek 4.5.2 Smartcel clima – změna průměru vlákna

Na obrázku 4.5.2 je znázorněn graf průměrů vlákna smartcel clima v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu. Největší průměr vlákna zjištěný obrazovou analýzou byl naměřen při relativní vlhkosti vzduchu 65 %. Nejmenší průměr vlákna byl zjištěn při relativní vlhkosti vzduchu 45 %. Ve srovnání s ekvivalentním průměrem vlákna z jemnosti byl při relativní vlhkosti vzduchu 65 % také naměřen největší průměr vlákna, a velmi podobného výsledku bylo dosaženo při relativní vlhkosti 25 %. Nejmenší průměr vlákna zde byl tedy zjištěn při 45% relativní vlhkosti vzduchu.



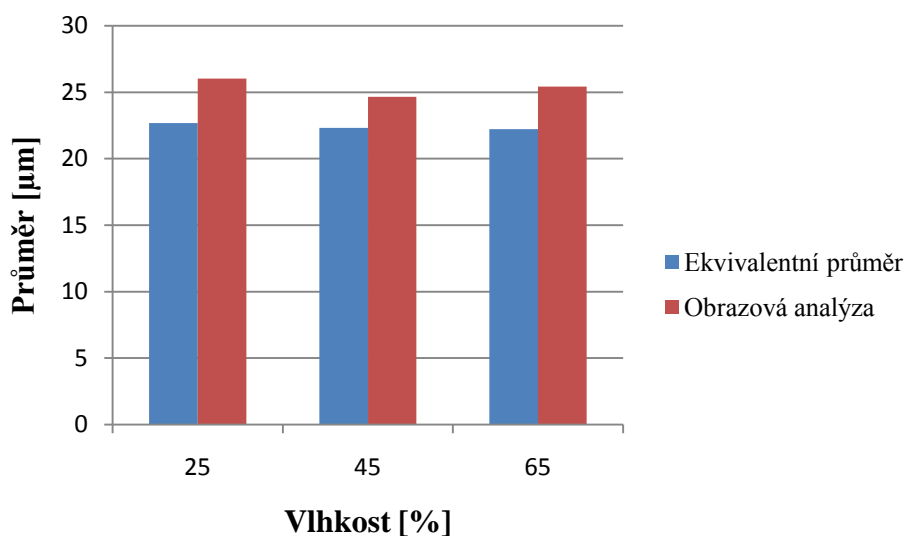
Obrázek 4.5.3 Smartcel sensitive – změna průměru vlákna

Na obrázku 4.5.3 jsou znázorněny průměry vlákna smartcel sensitive. Porovnány jsou opět průměry zjištěné obrazovou analýzou a spočítané pomocí vztahu pro ekvivalentní průměr vlákna z jemnosti. Obrazovou analýzou byl zjištěn největší průměr vlákna smartcel sensitive při 65% relativní vlhkosti vzduchu a nejmenší průměr při relativní vlhkosti 45 %. Avšak rozdíly průměrů změřených při všech vlhkostech vzduchu, tedy při 25 %, 45 % a 65 % jsou minimální. Ekvivalentním průměrem vlákna z jemnosti byl spočítán největší průměr vlákna při vlhkosti vzduchu 25 %. Nejmenší průměr vlákna pak při 65 % relativní vlhkosti vzduchu.



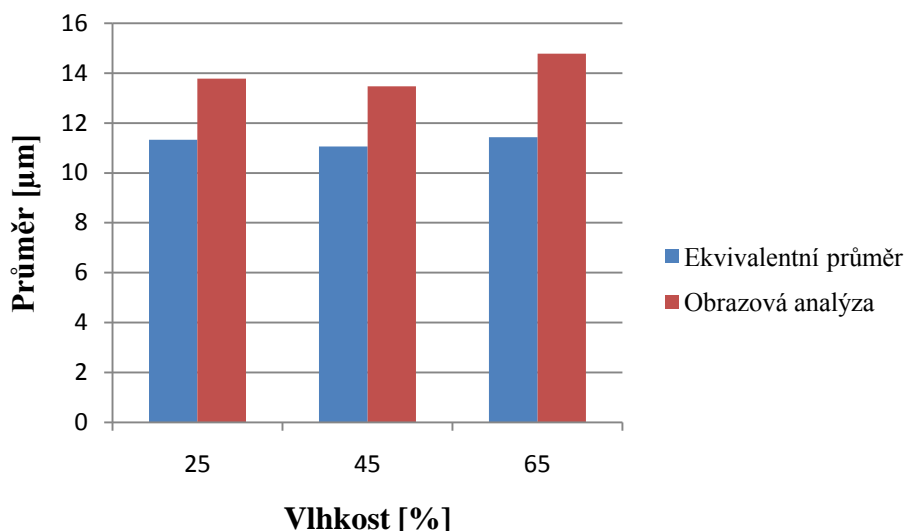
Obrázek 4.5.4 Bambusové vlákno – změna průměru vlákna

Na grafu zobrazeném na obrázku 4.5.4 je znázorněn průměr vláken zjištěn obrazovou analýzou, kde největší hodnota byla naměřena v relativní vlhkosti 45 % a nejmenší při 65% relativní vlhkosti. Spočítáním ekvivalentního průměru vlákna z jemnosti byl spočítán největší průměr vlákna při relativní vlhkosti 25 % a nejmenší průměr zde připadá relativní vlhkosti vzduchu 65 %.



Obrázek 4.5.5 Viskóza lesklá – změna průměru vlákna

Na obrázku 4.5.5 je znázorněn průměr vlákna viskózy lesklé. Pomocí obrazové analýzy byl zjištěn největší průměr vlákna, který byl změřen při relativní vlhkosti 25 %. Nejmenší průměr vlákna zde připadá na 45% relativní vlhkost vzduchu. Ekvivalentním průměrem z jemnosti byl největší průměr spočítán při 25% relativní vlhkosti vzduchu a nejmenší při relativní vlhkosti 65 %.



Obrázek 4.5.6 Viskóza matovaná – změna průměru vlákna

Na grafu vyobrazeném na obrázku 4.5.6 je znázorněna změna průměru vlákna viskózy matované. Pomocí obrazové analýzy byl největší průměr vlákna zjištěn při relativní vlhkosti 65 % a nejmenší průměr vlákna ve 45% relativní vlhkosti vzduchu. Spočítáním ekvivalentního průměru vlákna z jemnosti byl zjištěn největší průměr vlákna při relativní vlhkosti vzduchu 65 %. Nejmenší průměr vlákna byl vypočten pro relativní vlhkost vzduchu 45 %.

Z hodnot uvedených v tabulce 4.5.1 a zachycených v grafech (viz obr. 4.5.1 – 4.5.6) lze na první pohled spatřit, že rozdíly mezi průměry zjištěných obrazovou analýzou, a průměry spočítaných z jemností vláken, se od sebe odlišují, především u viskózových vláken. To je způsobeno typickým laločnatým příčným řezem těchto vláken, kdy výpočtem přes ekvivalentní plochu se průměr vláken výrazně sníží.

Očekáváním tohoto experimentu bylo zvětšení průměrů jednotlivých vláken klimatizovaných na relativní vlhkost vzduchu 65 % způsobených bobtnavostí vláken. Tato podmínka však neplatí vždy. Při hodnocení průměrů získaných obrazovou analýzou se průměr vláken dle očekávání zvětšil pouze u vláken smartcel clima, smartcel sensitiv, viskózy lesklé a viskózy matované. U vláken seacel pure a bambusových vláken se průměr snížil. To mohlo být způsobeno již při výrobě těchto vláken přidáním prvků proti bobtnavosti vlákna nebo povrchovými úpravami těchto vláken. Zjišťováním ekvivalentních průměrů spočítaných přes jemnost vláken je nárůst průměrů pouze u vláken smartcel clima a viskózy matované.

Sledováním změn průměrů vybraných vláken při 25% relativní vlhkosti vzduchu je zajímavostí, že u spočteného ekvivalentního průměru všechna vlákna nabobtnala, čili svůj průměr zvětšila. U rozměrů zjištěných obrazovou analýzou byl průměr menší, stejně jako při 65% vlhkosti vzduchu, u vláken seacel pure a bambusových vláken. Tato vlákna byla zřejmě opatřena úpravou proti bobtnavosti.

5 ZÁVEŘ

Cílem této bakalářské práce bylo porovnat hodnoty mechanických vlastností vybraných druhů chemických vláken z regenerované celulózy při stanovených relativních vlhkostech vzduchu 25 %, 45 % a 65 %. Experimentálně byla proměřována vlákna viskózy lesklé, viskózy matované, bambusová vlákna, dále vlákna lyocelová, konkrétně seacel pure, smartcel clima a smartcel sensitive. U těchto vláken byly sledovány změny jejich příčných rozměrů při jednotlivých klimatických podmínkách.

Mechanické vlastnosti měřených vzorků byly zjišťovány na přístrojích Vibroskop 400 a Vibrodyn 400. Při měření pevnosti vláken bylo experimentálně zjištěno, že nejvyšší poměrné pevnosti dosáhly vlákna seacel pure ve všech naměřených vlhkostech. Nejnižší poměrná pevnost byla zjištěna u vláken viskózy lesklé a smartcel sensitive. Z toho je patrné, že výsledek experimentu byl ovlivněn výchozí jemností zkoumaných vláken a jejich průměrem. U vláken viskózy lesklé, kde byl naměřen největší průměr vlákna, byla naměřena nejnižší poměrná pevnost a naopak, u vlákna seacel pure, kde příčný rozměr byl v porovnání s ostatními měřenými vzorky nejmenší, dosahovalo vlákno nejvyšší poměrné pevnosti. To mohlo být způsobeno vnitřním uspořádáním mezimolekulárních sil a působením těchto sil na menší ploše vlákna. Snížením vlhkosti na 25 % se snížila hodnota poměrné pevnosti u všech vláken, kromě vlákna seacel pure, kde tato měřená veličina vzrostla. Naopak klimatizováním na 65 % relativní vlhkosti vzduchu, kdy má dojít k poklesu poměrné pevnosti, došlo u vláken seacel pure, bambusových vláken a viskózy lesklé k jejich nárůstu. To lze vysvětlit vnitřním uspořádáním struktury vlákna případně jeho dloužením ve výrobě.

Při vyhodnocování pevnosti v uzlu nelze jednoznačně konstatovat, že pevnost vláken by s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu klesala. Tento předpoklad je pouze splněn u vláken seacel pure a smartcel clima. Snížením relativní vlhkosti vzduchu na 25 % došlo k poklesu pevnosti opět u vláken seacel pure a smartcel clima a u viskózy matované. Při pokojových klimatických podmínkách (45 %) dosáhlo nejvyšší pevnosti vlákno seacel pure a nejnižší hodnoty vlákno smartcel sensitive. Rozdíl mezi těmito hodnotami pevnosti je poměrně vysoký.

Sledováním hodnot pevností ve smyčce bylo zjištěno, že i v tomto případě zvýšením relativní vlhkosti vzduchu na 65 % poměrná pevnost vláken se opět zvyšuje, ačkoli by měla klesat. Tuto chybu lze vysvětlit samotnou přípravou vzorků pro měření, kdy vkládáním smyček do připravených rámečků mohlo lepidlo vniknout do struktury vlákna a výrazně ovlivnit experiment. Jediný zaznamenaný pokles pevnosti ve smyčce byl u vláken viskózy lesklé, jejíž tloušťka byla ve srovnání s ostatními vlákny dvojnásobná. Snížením relativní vlhkosti vzduchu na 25 % je patrný pokles u vláken smartcel sensitive a viskózy matované.

Porovnáním průměrných tažností jednotlivých vláken lze konstatovat, že není splněn předpoklad, že s rostoucí pevností proměřovaných vláken jejich tažnost klesá. Experimentem byla zjištěna nejvyšší tažnost u viskózy lesklé, což bylo pravděpodobně způsobeno její jemností, která byla oproti ostatním vláknům vysoká. Klimatizováním vláken na 25 % a 65 % relativní vlhkosti vzduchu nedochází k výrazným rozdílům tažností.

Při pozorování průměrů vybraných vláken jsou na první pohled patrné rozdíly mezi průměry vláken zjištěných obrazovou analýzou a spočítaných ekvivalentních průměrů z jemností vláken. Tyto rozdíly jsou způsobeny nepravidelnostmi v příčném řezu vláken. Čím vyšší je rozdíl mezi průměrem získaným obrazovou analýzou a vypočteným ekvivalentním průměrem, tím mělo vlákno více profilovanou plochu. Dalo by se říci, že vlákna seacel pure, smartcel sensitive a bambusová vlákna se geometricky v příčném řezu přibližovala vláknům s kruhovým průřezem. Bylo očekáváno, že zvýšením relativní vlhkosti vzduchu na 65 % vlákna nabobtnají, a tedy se jejich průměr zvětší. Tento předpoklad se splnil pouze u vláken smartcel clima, smartcel sensitive, viskózy lesklé a viskózy matované. Naopak u vláken seacel pure a bambusových vláken došlo ke snížení jejich průměrů. Důvodem mohlo být přidání látek snižující bobtnavost vláken nebo použití hydrofobních úprav na povrchu vláken. Klimatizováním vlákna na 25 % relativní vlhkosti vzduchu došlo opět u vláken seacel pure a bambusových vláken ke zmenšení jejich průměrů.

Z výsledků těchto experimentů bylo zjištěno, že u vláken rozdílných jemností byly experimentálně zjištěné hodnoty mechanických vlastností výrazně odlišné, proto pro příští experiment by bylo vhodné zkoumat vlákna podobných jemností, aby byly výsledky lépe porovnatelné. Dále by bylo dobré zjistit procentuální podíly krystalických a amorfních částí ve vláknech. Na závěr je doporučeno porovnání zkoumaných vzorků při vyšších a nižších relativních vlhkostech vzduchu, aby bylo více patrné, jak klimatické podmínky ovlivňují mechanické vlastnosti vláken.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČSN EN ISO 5079 *Textilie – Vlákná – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých vláken při přetru*. 1997.
- [2] Kebl, F.: *Technologie chemických vláken*. Praha. Nakladatelství technické literatury, 1977. 316 s.
- [3] Pospíšil, Z. et al.: *Příručka textilního odborníka*. První vydání. Praha. Nakladatelství technické literatury, 1981. 773 s.
- [4] Sršeň M.: *Vlastnosti viskóзовých přízí vypředených na rotorových doprácích strojích*. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. 2008.
- [5] Texus [online] [cit.16.12.2010] Dostupné na :
http://cz.texus.info/Visk%C3%B3zov%C3%A9_vl%C3%A1kno
- [6] Militký, J.: *Textilní vlákna*. Liberec, 2002. 238 s. ISBN 80-7083-644-X
- [7] TUL, Katedra hodnocení textilií. [online] [cit.16.12.2010] Dostupné na:
www.kht.tul.cz/items/TZD/TZDp/TZD01_vlakna_opakovani.ppt
- [8] TUL, Katedra textilních materiálů. [online] [cit.18.1.2011] Dostupné na:
http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20061005/8-Vlakna_z_prirodnich_polymeru.pdf
- [9] *Textilní vlákna chemická, hutnická*. [online] [cit.18.1.2011] Dostupné na:
http://www.zaverky.estranky.cz/clanky/zboziznalstvi---prumyslove-zbozi-prvni-r-studijni-materialy/_14_-hodina-textilni-vlakna-chemicka_-hutnicka
- [10] Obrázek č.1, Katedra textilních materiálů, [online] [cit.18.1.2011] Dostupné na:
<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/viskoza>
- [11] Obrázek č.2, Katedra textilních materiálů, [online] [cit.18.1.2011] Dostupné na:
<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/viskoza>
- [12] Obrázek č. 3, Katedra textilních materiálů, [online] [cit.2.3.2011] Dostupné na:
http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/chemicka_vlakna.pdf
- [13] Řepňák, J.: *Výroba viskóзовého hedvábí*. 1. vyd. Praha. Státní nakladatelství technické literatury, 1966. 178 s.
- [14] Hladík, V.: *Textilní materiály*. 2. vyd. Praha. Státní nakladatelství technické literatury, 1984. 225 s.

- [15] TUL, Katedra textilních materiálů, [online] [cit.21.4.2011] Dostupné na:
http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/chemicka_vlakna.pdf
- [16] TUL, Katedra textilních materiálů, [online] [cit.21.4.2011] Dostupné na:
http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20080228/ZKB_1_dil.pdf
- [17] Ursíny, P.: *Předení I*. 2. vyd. Liberec. 2006. 171 s.
- [18] TUL, Katedra textilních materiálů, [online] [cit.21.4.2011] Dostupné na:
http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20080228/ZKB_1_dil.pdf
- [19] Bernardová, I.: *Speciální organická vlákna*. Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci, 2010. 90 s.
- [20] Horálková, K.: *Regulační diagramy pro kontrolu kvality bavlněných vláken*. Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci. 2010, 73 s.
- [21] Vibroskop 400 – Návod k použití
- [22] Vibrodyn 400 – Návod k použití
- [23] TUL, Katedra textilních materiálů, [online] [cit.1.5.2011] Dostupné na:
<http://www.google.cz/imgres?imgurl=http://www.kmt.tul.cz/obr/mikroskopy.jpg>
- [24] ČSN EN ISO 1973 *Textilní vlákna – zjišťování délkové hmotnosti – Gravimetrická a vibroskopická metoda*. 1997.
- [25] ČSN EN ISO 139 *Textilie – Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení*. 2005.
- [26] Machaňová, D.: *Laboratorní technika*. 1. vyd. Liberec. 2007. 52 s.,
ISBN 978-80-7372-265-4
- [27] Rucká M.: *Povrchové vlastnosti kompozitních materiálů s pletenou čedičovou a skleněnou výztuží*. Diplomová práce, Technická univerzita Liberci, 2009. 82 s.
- [28] Dostálová, M.: *Základy textilní a oděvní výroby*. 3. vyd. Liberec. 2004. 185 s.
- [29] Staňěk, J.: *Textilní zbožíznalství*. 2. vyd. Liberec. 2006. 114 s.
- [30] Interní norma č. 11-108-01/01 *Definice. Geometrické vlastnosti vláken*. Technická univerzita v Liberci, 2002.
- [31] Verkon, Laboratorní technika, [online] [cit.1.5.2011] Dostupné na:
<http://www.verkon.cz/exsikatory-prislusenstvi/>

SEZNAM TABULEK

Tabulka 3.1 Přehled měřených vláken

Tabulka 3.2 Přehled měřených vláken s odpovídajícím předpětím

Tabulka 4.1.1 Seacel pure – naměřené hodnoty pevnosti

Tabulka 4.1.2 Smartcel clima – naměřené hodnoty pevnosti

Tabulka 4.1.3 Smartcel sensitive – naměřené hodnoty pevnosti

Tabulka 4.1.4 Bambusová vlákna – naměřené hodnoty pevnosti

Tabulka 4.1.5 Viskóza lesklá – naměřené hodnoty pevnosti

Tabulka 4.1.6 Viskóza matovaná – naměřené hodnoty pevnosti

Tabulka 4.2.1 Seacel pure – naměřené hodnoty pevnosti v uzlu

Tabulka 4.2.2 Smartcel clima – naměřené hodnoty pevnosti v uzlu

Tabulka 4.2.3 Smartcel sensitive – naměřené hodnoty pevnosti v uzlu

Tabulka 4.2.4 Bambusová vlákna – naměřené hodnoty pevnosti v uzlu

Tabulka 4.2.5 Viskóza lesklá – naměřené hodnoty pevnosti v uzlu

Tabulka 4.2.6 Viskóza matovaná – naměřené hodnoty pevnosti v uzlu

Tabulka 4.3.1 Seacel pure – naměřené hodnoty pevnosti ve smyčce

Tabulka 4.3.2 Smartcel clima – naměřené hodnoty pevnosti ve smyčce

Tabulka 4.3.2 Smartcel sensitive – naměřené hodnoty pevnosti ve smyčce

Tabulka 4.3.4 Bambusová vlákna – naměřené hodnoty pevnosti ve smyčce

Tabulka 4.3.5 Viskóza lesklá – naměřené hodnoty pevnosti ve smyčce

Tabulka 4.3.6 Viskóza matovaná – naměřené hodnoty pevnosti ve smyčce

Tabulka 4.4.1 Seacel pure – naměřené hodnoty tažnosti

Tabulka 4.4.2 Smartcel clima – naměřené hodnoty pro tažnost

Tabulka 4.4.3 Smartcel senzitive – naměřené hodnoty pro tažnost

Tabulka 4.4.4 Bambusové vlákno – naměřené hodnoty pro tažnost

Tabulka 4.4.5 Viskóza lesklá – naměřené hodnoty pro tažnost

Tabulka 4.4.6 Viskóza matovaná – naměřené hodnoty pro tažnost

Tabulka 4.5.1 Průměr vláken

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek 2.1 Viskózová vlákna – příčný řez
- Obrázek 2.2 Viskózová vlákna – podélný řez
- Obrázek 2.3 Schéma výroby viskózového hedvábí
- Obrázek 2.4 Schéma zvlákňování za mokra
- Obrázek 2.5 Křivka napětí – protažení viskózových vláken
- Obrázek 2.6 Terciální diagram
- Obrázek 2.7 Lyocelová vlákna – příčný řez
- Obrázek 2.8 Lyocelová vlákna – podélný řez
- Obrázek 3.1 Pevnost ve smyčce
- Obrázek 3.2 Pevnost v uzlu
- Obrázek 3.7 Schéma přístroje Vibroskop 400
- Obrázek 3.8 Schéma přístroje Vibrodyn 400
- Obrázek 3.9 Vibroskop 400, Vibrodyn 400 a výpočetní technika
- Obrázek 3.10 Fotografie měřícího zařízení Lucia G
- Obrázek 3. 11 Exsikátory: a – Scheiblerův; b- vakuový
- Obrázek 3. 12 Skleněný exsikátor
- Obrázek 4.1.1 Seacel pure – pevnost vláken
- Obrázek 4.1.2 Smartcel clima – pevnost vláken
- Obrázek 4.1.3 Smartcel sensitive – pevnost vlákna
- Obrázek 4.1.4 Bambusová vlákna – pevnost vláken
- Obrázek 4.1.5 Viskóza lesklá – pevnost vláken
- Obrázek 4.1.6 Viskóza matovaná – pevnost vláken
- Obrázek 4.1.7 Získané hodnoty měřených vzorků

Obrázek 4.2.1 Souhrn naměřených hodnot poměrné pevnosti v uzlu

Obrázek 4.3.1 Souhrn naměřených hodnot poměrné pevnosti ve smyčce

Obrázek 4.4.1 Seacel pure – tažnost vláken

Obrázek 4.4.2 Smartcel clima – tažnost vláken

Obrázek 4.4.3 Smartcel sensitive – tažnost vláken

Obrázek 4.4.4 Bambusové vlákno – tažnost vláken

Obrázek 4.4.5 Viskóza lesklá – tažnost vláken

Obrázek 4.4.6 Viskóza matovaná – tažnost vláken

Obrázek 4.4.7 Souhrnný graf naměřených tažností

Obrázek 4.5.1 Seacel pure – změna průměru vláken

Obrázek 4.5.2 Smartcel clima – změna průměru vláken

Obrázek 4.5.3 Smartcel sensitive – změna průměru vláken

Obrázek 4.5.4 Bambusové vlákno – změna průměru vláken

Obrázek 4.5.5 Viskóza lesklá – změna průměru vláken

Obrázek 4.5.6 Viskóza matovaná – změna průměru vláken

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Pevnost a tažnost jednotlivých vláken (pouze na CD)

Příloha č. 2: Pevnost jednotlivých vláken v uzlu (pouze na CD)

Příloha č. 3: Pevnost jednotlivých vláken ve smyčce

Příloha č. 4 : Obrazová analýza

Příloha č. 3: Pevnost jednotlivých vláken ve smyčce

Hodnoty získané při relativní vlhkosti 65 % :

Jemnost vláken [tex]			
Relativní vlhkost	25 %	45 %	65 %
Seacel pure	0,134	0,132	0,128
Smartcel clima	0,189	0,181	0,189
Smartcel sensitive	0,253	0,251	0,247
Bambusové vlákno	0,162	0,154	0,149
Viskóza lesklá	0,602	0,583	0,578
Viskóza matovaná	0,15	0,143	0,153

Hodnoty získané při relativní vlhkosti 65 % :

Pevnost vláken ve smyčce [N]						
65 %	seacel pure	smartcel clima	smartcel sensitive	bambusová vlákna	viskóza lesklá	viskóza matovaná
1	3,29	3,72	2,88	2,32	3,29	3,29
2	2,54	2,91	3,69	3,14	2,74	2,74
3	2,27	1,7	2,32	2,31	1,82	1,82
4	1,71	2,73	2,27	3,5	3,71	3,71
5	3,02	2,34	2,79	3,64	2,67	2,67
6	1,87	2,83	3,73	1,83	2,55	2,55
7	2,46	4,01	1,74	3,28	2,7	2,7
8	2,62	2,91	3,07	2,23	2,57	2,57
9	2,19	3,23	2,35	2,16	3,03	3,03
10	1,93	2,97	2,7	3,42	1,99	1,99
Průměr [N]	2,39	2,935	2,754	2,783	2,707	2,707

Poměrná pevnost ve smyčce [cN/tex]						
65 %	seacel pure	smartcel clima	smartcel sensitive	bambusová vlákna	viskóza lesklá	viskóza matovaná
1	12,85	9,84	5,82	7,78	2,84	10,75
2	9,92	8,03	7,46	10,53	2,37	8,95
3	8,86	4,49	4,69	7,75	1,57	5,94
4	6,67	7,22	4,59	11,74	3,20	12,12
5	11,79	6,19	5,64	12,21	2,30	8,72
6	7,30	7,48	7,55	6,14	2,20	8,33
7	9,60	10,60	3,52	11,00	2,33	8,82
8	10,23	7,69	6,21	7,48	2,22	8,39
9	8,55	8,54	4,75	7,24	2,62	9,90
10	7,53	7,85	5,46	11,47	1,72	6,50
Průměr	9,33	7,79	5,57	9,33	2,34	8,84
Sm.odch.	1,96	1,71	1,27	2,25	0,48	1,82
Var.koef.	21,08	22,04	22,84	24,16	20,59	20,59

Hodnoty získané při relativní vlhkosti 45 %:

45 %	seacel pure	smartcel clima	smartcel sensitive	bambusová vlákna	viskóza lesklá	viskóza matovaná
1	3,91	1,81	2,23	2,49	9,14	2,01
2	2,87	2,85	2,09	1,87	9,54	2,83
3	2,06	1,9	2,27	2,61	6,8	2,03
4	1,95	2,41	2,18	2,46	7,34	2,6
5	1,76	2,58	2,4	2,56	6,78	2,05
6	2,33	1,9	2,52	2,3	9,65	2,05
7	1,38	1,91	1,87	1,32	7,47	1,93
8	1,75	2,27	2,28	1,51	6,66	1,2
9	2,23	2,65	2,12	1,84	6,47	2,06
10	2,42	2,07	1,98	1,92	5,9	3,03
Průměr [N]	2,266	2,235	2,194	2,088	7,575	2,179

Poměrná pevnost ve smyčce [cN/tex]						
45 %	seacel pure	smartcel clima	smartcel sensitive	bambusov á vlákna	viskóza lesklá	viskóza matovaná
1	14,81	5	4,44	8,08	7,83	7,02
2	10,87	7,87	4,16	6,07	8,18	9,89
3	7,80	5,24	4,52	8,47	5,83	7,09
4	7,38	6,65	4,34	7,98	6,29	9,09
5	6,66	7,12	4,78	8,31	5,81	7,16
6	8,82	5,24	5,01	7,46	8,27	7,16
7	5,22	5,27	3,72	4,28	6,40	6,74
8	6,62	6,27	4,54	4,90	5,71	4,19
9	8,44	7,32	4,22	5,97	5,54	7,20
10	9,16	5,71	3,94	6,23	5,06	10,59
Průměr	8,58	6,17	4,37	6,77	6,49	7,61
Sm.odch.	2,69	1,02	0,38	1,49	1,17	1,82
Var.koef.	31,36	16,60	8,73	22,01	18,02	23,91

Hodnoty získané při relativní vlhkosti 25 %:

25 %	seacel pure	smartcel clima	smartcel sensitive	bambusová vlákna	viskóza lesklá	viskóza matovaná
1	2,33	3,09	1,73	2,5	11,17	1,77
2	2,85	2,25	2,36	1,31	4,8	1,9
3	3,01	4,31	2,665	2,56	8,98	1,8
4	2,91	0,32	1,93	1,7	8,32	2,27
5	1,74	3,02	0,44	3,07	6,44	2,02
6	3,41	2,9	2,64	2,38	9,64	2,08
7	2,27	3,33	0,57	1,74	8,2	2,15
8	1,36	0,35	2,43	3,16	7,23	2,91
9	4,17	2,19	2,08	1,41	8,89	1,65
10	2,21	2,49	3,03	2,58	6,66	2,11
Průměr [N]	2,626	2,425	1,9875	2,241	8,033	2,066

Poměrná pevnost ve smyčce [cN/tex]						
25 %	seacel pure	smartcel clima	smartcel sensitive	bambusová vlákna	viskóza lesklá	viskóza matovaná
1	8,69	8,17	3,41	7,71	9,27	5,9
2	10,63	5,95	4,66	4,04	3,98	6,33
3	11,23	11,40	5,26	7,90	7,45	6
4	10,85	0,84	3,81	5,24	6,91	7,56
5	6,49	7,98	0,86	9,47	5,34	6,73
6	12,72	7,67	5,21	7,34	8	6,93
7	8,47	8,80	1,12	5,37	6,81	7,16
8	5,07	0,92	4,80	9,75	6	9,7
9	15,55	5,79	4,11	4,35	7,38	5,5
10	8,24	6,58	5,98	7,96	5,53	7,03
Průměr	9,79	6,41	3,92	6,91	6,67	6,88
Sm.odch.	3,05	3,32	1,71	2,04	1,5	1,17
Var.koef.	31,22	51,83	43,69	29,50	22,6	17,10

Příloha č. 4 : Obrazová analýza

Naměřené průměry vláken při relativní vlhkosti 25 %:

	Seacel pure	Smartcel clima	Smartcel sensitive	Bambusová vlákna	Viskóza lesklá	Viskóza matovaná
1.	11,14	19,29	12,63	13,97	28,66	15,91
2.	9,66	16,35	17,61	11,63	20,27	15,71
3.	10,1	16,88	14,11	16,12	31,03	13,77
4.	11,76	16,72	12,31	11,98	26,16	16,03
5.	9,25	14,63	14,72	13,88	21,25	13,02
6.	14,17	17,08	10,63	12,93	34,76	14,29
7.	14,88	17,3	14,13	13,53	27,41	14,95
8.	12,09	14,56	10,97	11,29	23,69	17,02
9.	13,03	14,27	14,09	15,22	26,42	11,57
10.	11,29	16,69	20,06	15,31	26,87	12,45
11.	7,64	12,92	18,31	13,05	26,92	8,94
12.	13,97	15,13	16,21	13,88	28,66	13,34
13.	11,68	16,87	15,15	11,57	26,92	16,2
14.	12,09	10,82	15,66	13,19	21,74	16,12
15.	11,3	14,62	17,44	12,58	21,61	13,49
16.	11,6	15,04	15,96	13,45	24,27	14,47
17.	10,43	14,53	13,97	15,76	27,02	13,11
18.	10,04	16,55	18,43	13,52	24,81	11,16
19.	13,28	11,04	12,69	15,5	27,83	12,44
20.	9,63	13,33	15,06	10,82	26,69	17,16
21.	9,52	16,35	18,27	10,93	31,48	9,66
22.	13,36	13,02	14,56	13,72	28,29	12,33
23.	10,09	13,3	20,13	13,28	31,6	13,83
24.	14,33	14,95	13,02	12,65	22	11,29
25.	12,78	15,78	17,57	14,76	31,72	11,62
26.	12,44	12,03	16,41	15,62	24,91	14,39
27.	12,45	14,62	12	12,08	23,25	14,63
28.	12,93	13,39	17,28	13,66	18,13	13,39
29.	10,82	14,53	20,68	12,29	22,86	14,29
30.	12,22	16,07	13,91	15,82	26,25	14,08
31.	11,98	13,09	16,35	10,9	26,08	13,36
32.	14,3	14,47	11,78	17,39	24,58	9,07
33.	11,04	14,42	13,91	11,16	23,29	13,56
34.	8,72	16,1	21,63	15,79	19,25	14,29
35.	9,16	13,91	21,42	14,88	19,93	14,69

36.	13,08	16,97	15,76	13,53	26,6	10,41
37.	8,98	16,36	14,75	12,22	20,93	13,7
38.	10,17	12,22	14,27	10,14	30,6	14,6
39.	10,43	16,45	14,82	16,2	24,23	13,36
40.	8,94	15,39	16,94	15,6	29,57	16,47
41.	15,16	12,92	18,28	12,69	34,22	15,88
42.	11,6	12,79	18,51	14,83	27,82	12,83
43.	10,3	16,65	16,04	12,07	27,19	16,97
44.	11,9	18,54	17,23	10,62	27,91	13,19
45.	10,32	16,55	19,13	15,78	29,28	16,21
46.	12,72	15,79	18,92	14,82	26,81	9,21
47.	13,46	15,3	16,29	16,22	23,04	17,02
48.	12,49	14,19	16,29	15,04	24,16	13,96
49.	9,4	16,2	14,8	15,68	22,85	15,04
50.	12,76	13,05	15,53	15,44	29,09	14,75

Naměřené průměry vláken při relativní vlhkosti 45%:

	Seacel pure	Smartcel clima	Smartcel sensitive	Bambusová vlákna	Viskóza lesklá	Viskóza matovaná
1.	13,09	12,09	15,39	15,79	24,09	15,61
2.	9,77	12	16,61	11,24	13,28	14,6
3.	11	12,82	13,29	12,97	28,35	12,18
4.	14,56	12,63	18,2	12,09	24,25	14,02
5.	15,67	17,66	18,28	15,45	19,29	13,11
6.	7,75	13,96	18,63	11,44	24,11	14,2
7.	15,13	14,13	14,27	17,79	21,45	12,73
8.	10,05	13,63	16,95	13,95	35	13,68
9.	9,88	16,31	12,96	13,06	24,39	13,16
10.	12,54	14,51	17,28	14,11	23,48	15,62
11.	10,26	14	15,92	14,17	26,02	12,83
12.	12,22	11,98	15,42	17,72	25,38	11,16
13.	12,33	16,59	16,47	15,04	19,99	12,4
14.	12,69	15,95	15,76	13,14	20,73	15,56
15.	11,06	14,71	17,15	17,77	19,58	17,01
16.	13,7	16,64	13,26	18,1	22,16	12,04
17.	10,43	15,28	13,38	11,06	28,2	13,1
18.	12,01	17,84	19,53	17,54	22,6	13,14
19.	9,57	11,8	14,02	16,36	22,34	14,71
20.	14,71	14,42	15,45	15,47	21,56	13,88
21.	11,14	13,53	11,65	12,65	25,33	11,32
22.	12,04	13,66	14,72	12,47	22,09	11,46
23.	9,36	16,25	16,2	10,88	21,2	12,52
24.	9,69	15,39	16,81	12,83	28,49	14,71
25.	11,7	15,78	15,02	14,02	23,53	14,39
26.	13,03	14,86	15,17	11,47	22,79	15,31
27.	14,75	15,92	14,05	17,15	24,59	14,56
28.	14,51	16,69	14,27	14,39	28,08	10,82
29.	15,15	13,7	14,83	11,29	27,8	14,13
30.	13,14	11,7	12,96	13,68	29,09	13,62
31.	15,76	18,79	14,19	13,26	29	12,72
32.	14,02	15,67	14,95	14,02	25,88	12,22
33.	12,92	17,61	12,63	12,51	26,9	9,99
34.	14,37	18,49	18,46	14,63	27,37	15,06
35.	10,6	12,09	13,97	14,86	28,92	12,12
36.	12,83	12,19	20,68	12,07	31,77	15,27
37.	10,3	16,07	19,27	13,39	34,83	15,46

38.	14,17	13,7	15,7	13,39	26,88	14,76
39.	12,17	12,04	14,68	12,3	26,58	10,85
40.	14,1	15,91	17,72	13,99	27,91	13,39
41.	13,66	14,17	14,27	14,75	27,27	14,09
42.	15,36	14,57	18,08	17,38	25,3	12,62
43.	14,92	14	13,97	15,04	31,74	12,83
44.	11,62	15,67	17,42	12,92	13,86	15,01
45.	11,47	12,31	19,33	13,87	13,64	15,13
46.	9,14	12,66	16,96	15,01	27,04	10,81
47.	13,83	13,29	16,69	17,51	14,57	16,71
48.	10,38	15,33	16,04	13,41	25,72	12,69
49.	11,7	15,44	17,23	14,56	26,91	12,63
50.	11,6	14,75	17,34	15,31	21,75	11,53

Naměřené průměry vláken při relativní vlhkosti 65%:

	Seacel pure	Smartcel clima	Smartcel sensitive	Bambusové vlákno	Viskóza lesklá	Viskóza matovaná
1.	11,98	14,75	10,64	11,28	33,37	15,03
2.	11,34	15,36	15,28	10,19	27,96	14,42
3.	11,16	15,04	15,13	13,7	20,95	16,41
4.	14,34	16,12	20,08	10,57	22,99	15,1
5.	13,39	17,39	14,1	14,09	23,72	10,1
6.	11,98	17,03	15,53	13,14	25,8	14,1
7.	11,57	15,95	13,39	13,28	28,98	13,23
8.	9,52	13,36	15,84	13,88	27,01	14,29
9.	8,38	16,06	16,69	12,72	19,74	15,06
10.	9,64	12,93	12,73	14,39	30,1	17,15
11.	14,84	16,36	16,69	14,95	26,35	14,5
12.	14,2	15,9	16,52	9,99	27,64	14,59
13.	11	15,01	18,43	13,29	20,11	15,51
14.	7,99	14,63	16,44	10,41	30,55	15,31
15.	11,96	13,23	16,39	11,28	25,79	14,09
16.	14,11	14,19	17,24	13,37	23,54	14,61
17.	11,04	17,61	16,92	11,83	25,22	16,29
18.	7,9	16,97	18,8	11,36	26,61	15,24
19.	15,15	14,56	14,95	11,29	25,1	16,94
20.	14,8	18,38	16,94	14,37	22,65	14,33
21.	10,16	13,09	20,01	14,57	20,42	14,38
22.	12,82	16,28	16	15,74	26,68	14,56
23.	14,41	13,46	15,7	11,3	27,07	13,24
24.	8,7	14,29	16,04	11,46	26,42	14,8
25.	11,34	18,63	17,28	10,82	29,21	15,55
26.	9,19	17,59	15,5	11,56	24,87	16,28
27.	10,57	14,27	17,46	14,57	21,44	17,42
28.	9,31	16,72	18,01	13,38	20,63	12,48
29.	8,94	16,77	17,55	9,69	22,21	15,36
30.	11,93	15,36	15,57	13,19	26,27	10,64
31.	11,98	16,4	13,97	11,57	26,55	16,44
32.	13,23	15,37	13,26	12,72	27,72	11,46
33.	7,38	16,68	14,02	12,83	21,94	14,57
34.	16,77	16,94	13,45	10,38	23,88	16,96
35.	15,24	16,06	14,39	15,07	25,43	12,78
36.	11,29	16,76	17,23	11,78	20,94	14,89
37.	12,3	17,51	14,93	13,91	25,84	15,42
38.	10,38	14,71	16,41	11	25,84	17,41

39.	12,96	15,24	19,72	11,98	24,39	15,76
40.	7,75	12,93	11,67	10,97	21,16	9,58
41.	14,56	16,04	12,82	16,94	17,72	18,57
42.	10,6	15,04	20,11	16,94	27,53	15,29
43.	7,98	14,99	16,2	13,97	21,35	16,62
44.	13,56	16,22	17,81	12,96	25,65	12,69
45.	14,99	16,08	19,76	10,85	23,86	12,73
46.	10,38	15,88	19,29	11,76	31,77	14,99
47.	15,21	12,63	12,92	10,85	25,59	15,04
48.	16,03	14,95	11,77	11,3	27,02	14,61
49.	14,63	14,22	16,36	12,76	33,83	14,1
50.	14,75	15,31	17,39	11,14	33,92	18,21

